



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica de
Fluidos

Aforos en el proyecto especial Chinecas

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

Modalidad M3 – Suficiencia Profesional

AUTOR

Percy Avilio RECINES QUIROZ

ASESOR

Guido Américo ROZAS OLIVERA

Lima, Perú

2008

ÍNDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVOS GENERALES

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPITULO II

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ESPECIAL CHINECAS

2.2.1 PROYECTO ORIGINAL

2.2.2 PROYECTO REESTRUCTURADO

2.2.3 PROBLEMA DE LAS INVASIONES DE TIERRAS

2.2.4 NO EJECUCIÓN DE OBRAS POR FALTA DE ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL DESDE EL AÑO 2002.

2.3 MANEJO DEL AGUA

CAPITULO III

3.1 DEFINICIONES

3.1.1 AFORO

3.1.2 CAUDAL O GASTO

3.1.3 SECCION DE CONTROL

3.1.4 LINEAS DE MEDICION

3.1.5 FLOTADOR

3.1.6 CORRENTOMETRO

3.1.7 ESTACION HIDROMETRICA

3.2 DISTRIBUCION DE VELOCIDADES

3.2.1 CALCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA

3.3 PROCEDIMIENTO DE AFORO

3.3.1 SELECCIÓN DE LA SECCION MAS ADECUADA

3.3.2 MEDICION Y ESPECIAMIENTO DE LA SECCION TRANSVERSAL

CAPITULO IV

4 PROCEDIMIENTO DE AFORO

4.1 MEDICIÓN DE CAMPO Y CALCULO DE CAUDALES

4.2 USO FUNCIONAL DEL CORRENTÓMETRO

4.3 SECCIÓN DE CONTROL

4.4 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

4.4.3 CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA KM 0 + 200

4.4.4 CANAL PRINCIPAL NEPEÑA CASMA SECHIN KM 60 + 340

4.4.1 CANAL IRCHIN KM 3 + 318 (SALIDA DEL DESARENADOR)

4.4.2 CANAL CARLOS LEIGHT KM 0 + 200

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1 ESQUEMA HIDRÁULICO

ANEXO 2 PLANOS DE SECCIONES DE CONTROL.

ANEXO 3 FOTOS DE ÁREAS INVADIDAS

ANEXO 4 CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA CASMA

SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM 0+200

ANEXO 5 CANAL IRCHIM KM 3 + 318

SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM 3+318

ANEXO 6 CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA CASMA

SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM 60+340

ANEXO 7 CANAL CARLOS LEIGHT KM 0+200

ANEXO 8 MANUAL CORRENTÓMETRO: VALEPORT LIMITED

Presentación

El trabajo que se presente a continuación da a conocer los “aforos” realizados en el Proyecto Especial CHINECAS para la eficiente distribución de agua del sistema de riego de las estructuras hidráulicas.

Este trabajo tiene por motivo la obtención del título de “Ingeniero Mecánico de Fluidos” siendo requisito de la modalidad M3, a su vez se procederá a dar a conocer el trabajo de aforo realizados en los periodos Febrero-Junio 2005, todo trabajo se realizo coordinando con la Dirección de OPEMAN (operación y mantenimiento)

Dedicatoria:

A mis padres Ever y Gloria que siempre
estuvieron a mi lado.

CAPITULO I: INTRODUCCION

En la distribución del agua, la **Hidrometría** tiene como objetivo principal, medir y registrar los caudales de agua que son captados, derivados y distribuidos a los usuarios, a través de los sistemas de riego.

En el presente caso se usará para los aforos el método del correntómetro que consiste en medir las velocidades liquidas para su posterior correlación con el flujo volumétrico, en ríos, canales, arroyos, estuarios, puertos, etc.

Los caudales de agua captados y entregadas a los usuarios deben de ser los más aproximados a sus valores reales, que a su vez se obtienen por medio de estructuras hidráulicas y equipos hidrométricos debidamente diseñados y calibrados. La precisión de la medición del agua, garantiza una mejor eficiencia en la distribución y como consecuencia mejora la recaudación de la tarifa.

En el presente caso la asociación de usuarios esta representada por la oficina de la gerencia técnica que realiza una campaña de aforos para establecer la verificación de la eficiencia en la distribución del agua.

En este trabajo se presentan los resultados de los aforos correspondientes al Proyecto Especial CHINECAS en los canales: Irchim Km. 3 + 318 (Salida del Desarenador), Canal Principal Km. 0 + 200 , Canal Carlos Leight Km. 0 + 200 y Canal Principal Nepeña Casma-Sechin Km 60 + 340 , cuya ubicación se muestra en el esquema N° 5 . Esta campaña de aforos se realizó entre los meses de febrero a mayo del año 2005.

Una de las características que se miden en las secciones de control son los niveles de agua a través del tiempo. Estos valores serán transformados a caudales mediante la curva altura – caudal, esta curva se establece a partir de los datos de aforo directo que dan las mediciones de los niveles y caudales en el mismo instante de tiempo.

La evaluación de los resultados ha permitido obtener las nuevas tablas de lectura de mira Vs caudal cada una con sus respectivas curvas de aforo, para cada sección de Control Aforado y así tener un adecuado control del Recurso Hídrico.

Finalmente, el trabajo de aforos ayudará a una mejor administración del recurso hídrico en el proyecto. Así mismo se considera que el empleo eficiente del recurso hídrico permitirá en el futuro nuevos proyectos de riego con ampliaciones de los volúmenes de riego.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVOS GENERALES:

El presente trabajo esta orientado a:

- Medir el caudal en las Estaciones Hidrométricas.
- Establecer una nueva calibración de las curvas de altura – gastos anteriormente utilizados en los cuatro puntos de sección de control a aforar a lo largo del proyecto especial CHINECAS.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Conocer con mayor precisión el caudal para cada sección de aforo.
- b) Determinación de las curvas sgtes:
 - Altura de mira – caudal.
 - Altura de tirante – caudal.
- c) Extrapolación de la Curva Altura – gasto para los valores extremos superiores para la determinación de la capacidad real del canal.

CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Descripción de la Cuenca:

La cuenca del río Santa se ubica en la costa norte del Perú, pertenece a la vertiente del Pacífico y drena un área total de 14,954 km².

Geográficamente, se localiza en el departamento de Ancash, comprendiendo total o parcialmente las provincias: Bolognesi, Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas, Corongo, Pallasca y Santa en el departamento de La Libertad: Santiago de Chuco, Huamachuco.

Con, sus puntos extremos se hallan comprendidos entre las siguientes coordenadas geográficas:

- 10°08' y 8°04' de Latitud Sur
- 78°38' y 77°12' de Longitud Oeste.

Altitudinal mente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4,000 msnm, que constituye la divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Marañón y Santa (divisoria continental) y cuyo punto más alto comprende al Nevado Huascarán Sur (6,768 msnm).

que se hace más pronunciada en el sector de 13 Km. de longitud, comprendida entre las desembocaduras de las quebradas Cedro y Quitaracsa, denominado "Cañón del Pato", en donde alcanza una pendiente del 4%.

Desde sus nacientes, gran parte del recorrido se verifica en un valle de origen tectónico, encontrándose encajonado por las Cordilleras Blanca y Negra.

Otro aporte importante es el río Tablachaca, cuyos orígenes se encuentran en la laguna Pelagatos, en su recorrido, recibe agua de sus tributarios: el Conchucos, Sacycacha, río Boca de Cabana por la margen izquierda y los ríos Angasmarca, Santiago, Patarata por la margen derecha.

El río Tablachaca se une con el río Santa en el poblado de Chuquicara a una altura de 440 msnm.

2.2 Descripción del Proyecto Especial Chinecas:

2.2.1 Proyecto Original

Esquema:

- Bocatoma: Tablones (río Santa) Km. 47. de la carretera Santa Huallanca. Cota 325 msnm.
- Reservorio de regulación en Cascajal 100 MMC.
- Canal Telescopio de $Q = 65 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q = 3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ – Longitud total de 146.5 Km.
- Reservorio de Regulación Pampa Colorada de 30 MMC.
- Bocatoma: Poctao (río Casma) $Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$, cota 400 msnm.
- Utilización de aguas Subterráneas en valles de Nepeña y Casma – Sechin.

Meta: 51 963 Has

- a) Mejoramiento de riego: 31 322 Has, en Santa Lacramarca, Nepeña Casma – Sechin.
- b) Ampliación de la frontera agrícola: 20 641 Has. Santa Lacramarca, Nepeña Casma – Sechin.

2.2.2 Proyecto Reestructurado:

En el año 1994 se reestructuro el P.E. CHINECAS a dos sistemas.

Sistema la Huaca – Cascajal – Nepeña – Casma – Sechin

Bocatoma: La Huaca (río Santa) Km. 39 Carretera Santa Huallanca, cota 226 msnm.

- Canal Telescópico de $Q = 35 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q = 3.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Longitud Total de 175 Km.
- Sin Reservorio de Regulación.

Sistema La Víbora:

Bocatoma: La Víbora (río Santa) Km. 22 Carretera Santa Huallanca, cota 119 msnm.

Canal Telescópico (Actual Canal Chimbote) de $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$. Longitud total de 23 Km.

Canal Integrador Santa San Bartolo Longitud total de 13.2 Km.

Meta total: 44 220 has.

- a) Mejoramiento de riego: 29 770 Has. En Santa Lacramarca, Nepeña Casma – Sechin.
- b) Ampliación de la Frontera Agrícola: 14 450 Has. Santa Lacramarca, Nepeña Casma – Sechin.

Problemática Actual:

Se puede resumir en los siguientes puntos:

- 1. No establecimiento de Metas Específicas conforme al DS – 027 – 2005 – Vivienda.
- 2. Problema con las Invasiones de tierra que no permiten su desarrollo
- 3. Falta de capacitación técnica en el manejo de riego y planes de cultivo por parte de las entidades respectivas.
- 4. No ejecución de obras del esquema por falta de asignación presupuestal desde el año 2002.

Esquema original:

- Bocatoma Tablones	65 m3/s
- Canal aductor y desarenador	65 m3/s
- Canal principal	60 m3/s18 Km.
- Toma para	25 m3/s

Con estructura para central hidroeléctrica de 18 MW.

- Túnel	20 m3/s
- Reservorio casajal para 100 MMC	10 m3/s
- Caída para 7 MW. Con entrega al canal Irchim	10 m3/s
- Canal Telescópico casajal Nepeña Casma Sechin	de 25 m3/s a 8 m3/s

Esquema Reestructurado:

- Bocatoma La Huaca Capacidad	35 m3/s
- Canal aductor y desarenador capacidad	35 m3/s
- Remodelación Canal Irchim Capacidad	32 a 20 m3/s ... 40.10 Km.
- Canal Telescópico Casajal Nepeña Casma Sechin	20 a 4 m3/s133.00 Km.

2.2.3 Problema de las invasiones de tierras que no permite su desarrollo:

Las invasiones se inician masivamente en el año 2001, que incluyeron terrenos subastados y con propietarios ya establecidos, quienes permiten la invasión sin defender su derecho de propiedad, situación que cada año se va complicando y en el año 2004, ante la presión social y con apoyo político y de la iglesia, se otorga un caudal de 1.5 m³/s. Basados en esta circunstancia, sustraen mayores caudales mediante sifones y tomas existentes; con acciones violentas, denuncias policiales y judiciales contra los trabajadores del proyecto, reinciden en su propósito y los vuelven a activar.

Falta de Capacitación y Asistencia Técnica a los Usuarios:

- Este programa a través del PSI viene funcionando desde el año 2000 en todos los valles de la costa.
- Inicialmente la capacitación o conversatorios se realizaba a nivel de dirigentes, al ser estos cargos renovables la difusión ha quedado detenida.
- El año 2002 fue desactivado el Centro Experimental Tangay, incluyendo los laboratorios de biotecnología, agua y suelos.
- El año 2003 se desactivo el Laboratorio de Insectos Benéficos, el mismo que se encontraba en convenio con el **SENASA** y la Junta de Usuarios IRCHIM.

2.2.4 No ejecución de obras por falta de asignación presupuestal desde el año 2002:

A partir de este año no se dieron asignaciones presupuestales al proyecto, entrando en situación de estancamiento frente a las metas propuestas, lo cual trajo consigo que en diciembre del 2004 se resolviera contrato de obra suscrito entre P.E. Chinecas y el Consorcio Chinecas respecto a la ejecución del denominado Canal Principal (Cascajal-Nepeña-Casma-Sechin).

2.3 EL MANEJO DEL AGUA:

El problema central es que se hace un uso parcialmente irracional del recurso hídrico, significando volúmenes de agua por hectárea de los 40 000 m³/ por Ha / Año. Esto esta ocasionando perdida de los suelos en las partes bajas de los valles Santa y Lacramarca (salinización y empantanamiento de los suelos), así mismo están afectando las infraestructuras Menor de Riego.

SOLUCION:

Para disminuir el uso irracional del agua; el P.E. CHINECAS en coordinación con las juntas de usuarios han construido estructuras de medición de caudales en los canales del Sistema IRCHIM y Canal Principal (Nepeña) con los caudales se va a controlar los volúmenes requeridos por usuarios para mejorar la eficiencia de riego. Previamente se hará un balance hídrico con el fin de evaluar la eficiencia del sistema hidráulico, realizando aforos en las secciones de control definidas: Canal Irchim Km. 3 + 318 (salida del desarenador), Canal Principal Km. 0 + 200, Canal Carlos Leigh Km. 0 + 200 y Canal Principal Nepeña Casma-Sechin Km. 60 + 340. Esta campaña de aforos se realizo en los meses de Febrero a Mayo del 2005.

CAPITULO III: DEFINICIONES Y SISTEMAS DE MEDICIONES

3.1 Definiciones:

3.1.1 Aforo

Es el conjunto de operaciones para determinar el flujo volumétrico en un curso de agua, también se puede emplear los términos gasto, descarga. Su objetivo es correlacionar el nivel de agua con el caudal o gasto para obtener la curva de descarga o calibración.



Fig. N° 2

3.1.2 Caudal o Gasto

Se define como el volumen de agua que pasa por la sección transversal del cauce por unidad de tiempo, y se expresa en m^3/s o L/s .

3.1.3 Sección de Control

Es la sección a un reborde natural o artificial que se establece en el cauce, a fin de regular la curva mira – caudal.

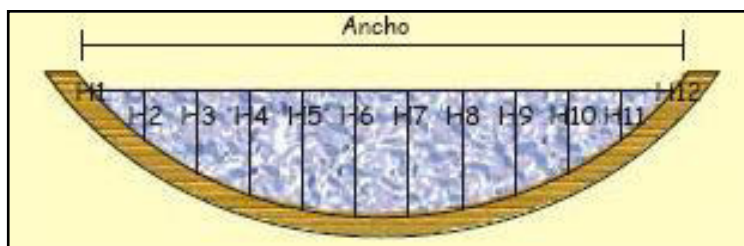


Fig. N° 3

3.1.4 Líneas de medición

Son las que nos permiten determinar, en la sección transversal escogida el ancho y profundidad del punto de control.

3.1.5 Flotador

Es un elemento natural o artificial que este en condiciones de flotar, el cual puede ser arrastrado por las aguas ya sea parcial o totalmente sumergido en ella.

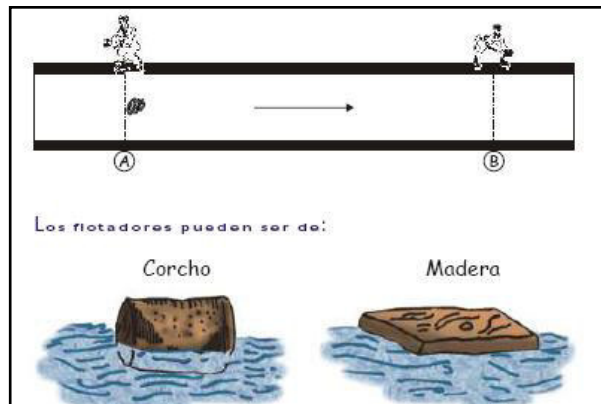


Fig. N° 4

3.1.6 Correntómetro

Es el instrumento de precisión que mide la velocidad del agua en los puntos de medición de una sección de control, existen variedad de tipos de correntómetro de eje vertical y de eje horizontal, en este último, el elemento móvil es una hélice como los del tipo A - OTT, los cuales cuentan con hélices para medir caudales bajos y caudales altos.



Fig. N° 5

3.1.7 Estación Hidrométrica

Es un lugar fijo en una sección del río, canal, donde se realizan un conjunto de operaciones que permitan determinar el caudal circulante en momento y tiempo determinado.

Estas estaciones deben ser ubicadas en zonas de fácil acceso en donde el lecho del río ó canal sea estable, es decir que no se erosione, sedimente, o inunde fácilmente y donde el tramo sea lo mas recto posible (50 mts aguas arriba y aguas abajo) y así evitar distorsión en la información obtenida.

La clasificación de una estación hidrométrica esta basada en función al instrumental e implementación con que cuenta cada una de las estaciones hidrométricas. Si la estación cuenta con un limnómetro, se denomina Estación Limnimétrica. Si la estación cuenta además de un limnómetro, con un limnógrafo, se le denomina Estación Limnigráfica.

- a) Estación Simple o Limnimétrica: Estación hidrométrica que solo cuenta con un instrumental de medición denominada limnómetro (escala o mira) que registra tanto el nivel de agua en un canal o río respecto a una referencia fija.
- b) Estación limnigráfica: Es una estación fija de además de contar con un limnómetro o regla, tiene además un limnógrafo, el cual registra las variaciones del nivel del agua en la sección de control en forma continua, y debe mantener coincidencia con el nivel del limnómetro. Este tipo de estaciones pueden estar ubicados en los ríos, canales donde las variaciones de caudal son muy rápidas y al cual se debe mantener una vigilancia continúa teniendo así una data histórica en el tiempo del comportamiento del flujo volumétrico.

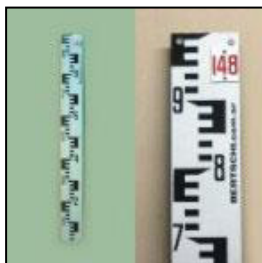


Fig. N° 6

3.2 Distribución de Velocidades

Debido a la presencia de una superficie libre y a la fricción a lo largo de las paredes de un canal, las velocidades no se encuentran uniformemente distribuidas.

La velocidad máxima medida en canales comunes, normalmente ocurre debajo de la superficie libre a una distancia de 0.05 a 0.25 del tirante.

La distribución de la velocidad en una sección de una conducción depende también de otros factores, tales como la forma de la sección transversal, la rugosidad y presencia de codos y curvas.

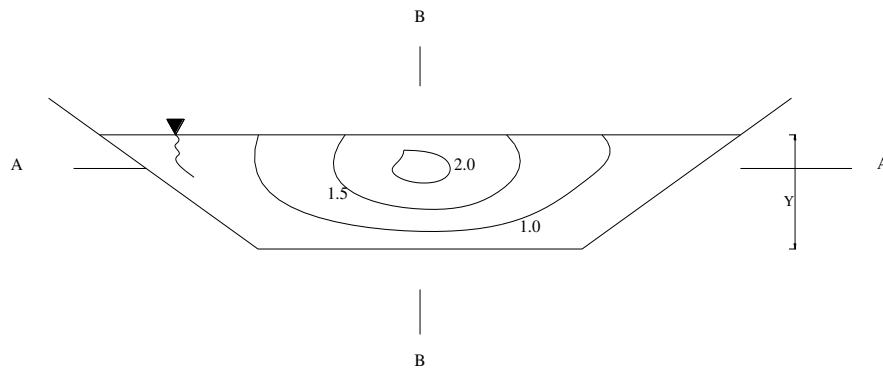


Fig. N° 7 Curvas de igual velocidad

En un curso de agua ancho, de poco tirante y rápido, la velocidad máxima se puede encontrar en la superficie.

La distribución de velocidades Fig. N° 8 sobre la recta A – A (distribución horizontal) es la Sgte:

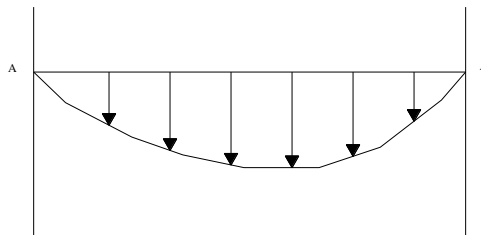


Fig. N° 8 Distribución Horizontal de velocidades

La distribución de velocidades sobre la recta B – B (Distribución vertical) es la siguiente:

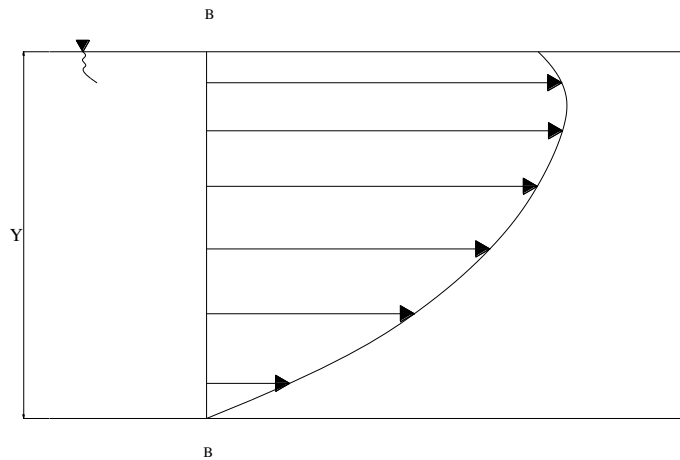


Fig. N° 9 Distribución vertical de velocidades

3.2.1 Cálculo de la velocidad media

La velocidad media representa una distribución uniforme de velocidades cuya área es igual al área formada por la distribución real de velocidades:

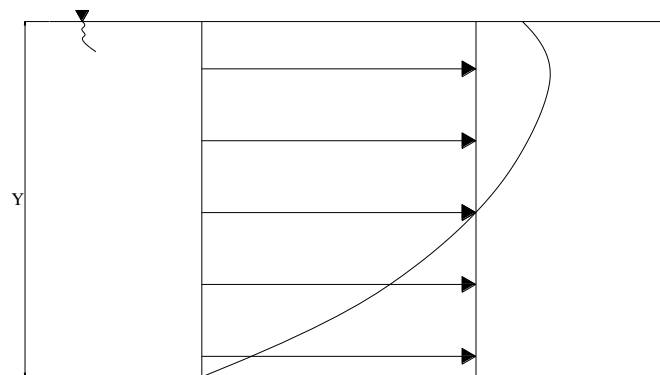


Fig. N° 10 Distribución de velocidades considerando la velocidad media

Teóricamente la ecuación de distribución de velocidades en un canal con superficie rugosa se expresa mediante la siguiente relación:

$$V_h = 2,5V * \text{Ln}\left(\frac{30h}{K}\right) \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

Vh: Magnitud de la velocidad, en m/s, a una distancia “h” medido desde el fondo de la conducción.

V*: Velocidad de Corte, en m/s.

K : Altura de la rugosidad de las paredes de la conducción, en “m”.

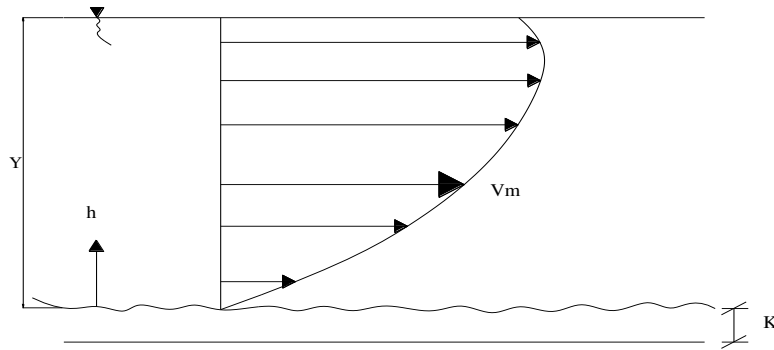


Fig. N° 11 Distribución de velocidades

Y la velocidad media, por la relación:

$$V_m = 2,5V * \text{Ln}\left(\frac{11R}{K}\right) \dots\dots\dots(2)$$

Igualando las expresiones (1) y (2) obtenemos:

$$h = 0,37Y \approx 0,40Y$$

Esto quiere decir que a 0.40 del tirante medido desde el fondo, que es equivalente a decir a 0,60 del tirante medido desde la superficie, se ubica aproximadamente la magnitud de la velocidad media:

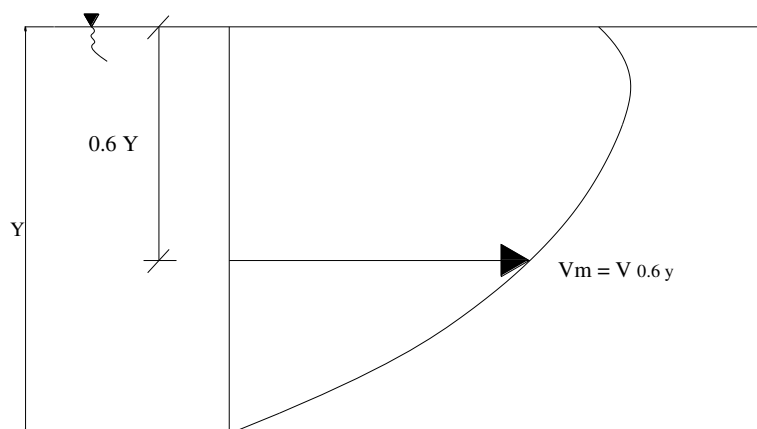


Fig. N° 12 Determinación de la velocidad media considerando una medición

Mediante un mayor análisis se determinó que mejor aproximación en el cálculo de la velocidad media se obtiene promediando las mediciones hechas a 0,20 y 0,80 del tirante

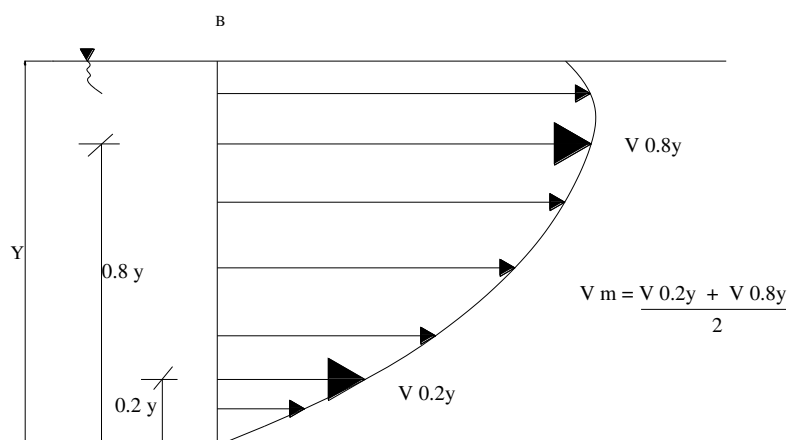


Fig. N° 13

Determinación de la velocidad media considerando dos mediciones

En los tramos en curva se modifica la distribución de velocidades:

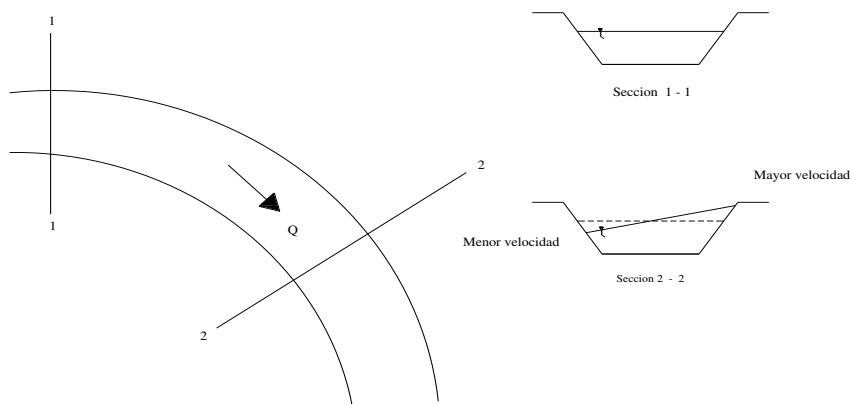


Fig. N° 14 Influencia de la curvatura en la distribución de velocidades

La colocación de obstáculos en los cursos de agua modifica también su distribución de velocidades:

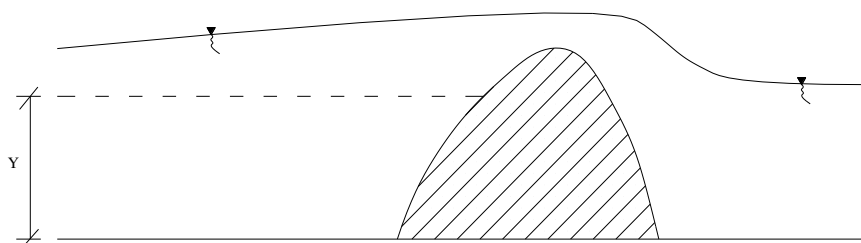


Fig. 15 La presencia de obstáculos modifican el flujo normal de agua

3.3 Procedimiento de aforo con correntómetro

El caudal que transporta una conducción representa la cantidad de agua que atraviesa una sección transversal del cauce perpendicular a la dirección del flujo y se expresa como volumen por unidad de tiempo, por lo general en m^3/s ó L/s .

La mayoría de los métodos de medición del caudal se basan en la medición de la velocidad de la velocidad media y su respectiva área de influencia.

El aforo con correntometro, consiste en la medición del caudal aplicando el método del Área – Velocidad, para lo cual se tiene que dividir la sección transversal de la conducción en varias franjas verticales, en cada una de las cuales se mide el área y velocidad media (Caudal que pasa en cada franja). La suma de los caudales que transporta cada franja representa el caudal de conducción buscado.

3.3.1 Selección de la sección mas adecuada

Para una mayor precisión en la medición del caudal se debe aforar en una sección transversal que presenta las siguientes características:

- a) Debe ser regular y estable, estar bien definida y en lo posible no debe presentar gradación ni degradación del lecho.
- b) Debe estar ubicada en un tramo recto de sección constante (o cerca de esta), de longitud necesaria que permita tener condiciones cercanas a flujo uniforme, tanto longitudinal como transversalmente. Para evitar sobre elevaciones no se deben considerar tramos curvos.
- c) Las velocidades en todos los puntos deben ser paralelas entre si y perpendiculares a la sección transversal del flujo.
- d) Las velocidades deben ser mayores a 0.10 m/s .
- e) No debe presentar crecimiento de vegetación ni en el fondo ni en sus márgenes.
- f) No debe estar ubicado cerca de estructuras u obstáculos que produzcan remansos y modifiquen la distribución de velocidades de flujo.

3.3.2 Medición y espaciamiento de la sección transversal

Para la medición del ancho de la conducción se emplea normalmente una cinta graduada de acero, wincha ó equipo de topografía.

Para la medición del tirante se puede utilizar una varilla metálica graduada o un cable graduado con un peso en su extremo. La profundidad también puede ser medida utilizando un ecosonda, sin embargo, es necesario calibrarla bajo las mismas condiciones de contenido de sal y temperatura de agua presentes en la sección de aforo.

El número de divisiones verticales variara de acuerdo al ancho de la sección y a la irregularidad del fondo. En corrientes muy anchas y en las que la profundidad es muy uniforme, se harán estas medidas mas espaciadas que en las corrientes pequeñas o en las que su profundidad es muy variable.

Medición Simplificada:

Consiste en medir la velocidad media colocando el correntómetro en puntos específicos de la distribución vertical de velocidades.

Esta consideración tiene validéis tenemos en cuenta lo mencionado en el 3.2.1, Calculo de la velocidad media.

Si las características del correntómetro y la altura del tirante lo permiten, el método más conveniente para calcular la velocidad media consiste en promediar las mediciones hechas con el correntómetro a 0.20 y 0.80 del tirante es decir:

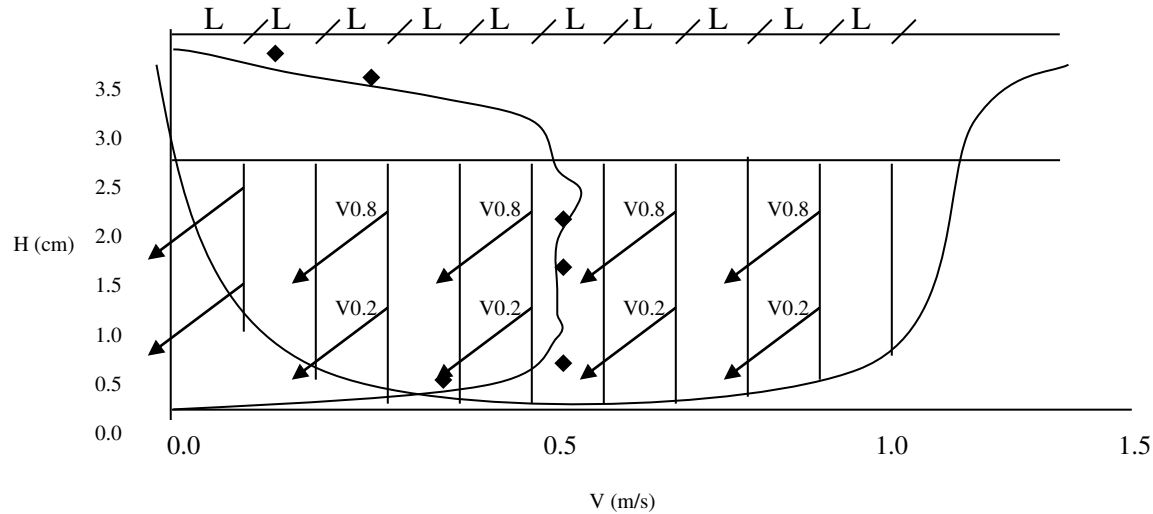


Fig. N° 16

Si la sección de aforo fue bien elegida, de modo que garantiza distribuciones de velocidades verticales sin irregularidades (por ejemplo, sinuosidades por obstáculos aguas arriba), ese método da resultados similares a los obtenidos con la medición integral.

El método mas sencillo corresponde a la medición simplificada de velocidades, consiste en colocar el correntometro a 0.60 del tirante, contados a partir de la superficie libre del agua.

En general ese método tiene la tendencia de dar velocidades medias mayores a las reales, sobre todo en conducciones con mucha profundidad o poca rugosidad. Se recomienda usar este método solamente cuando el método de 2 puntos no se puede aplicar (Por ejemplo, tirante pequeño).

En casos de una distribución vertical irregular de velocidades se podrá usar el “Método de 3 puntos”. En este caso la velocidad media es equivalente al promedio de las velocidades a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante.

Calculo del caudal que pasa por la sección transversal

Hemos dividido la sección transversal en áreas de influencia e indicando la forma de calcular la magnitud de cada una de ellas, asimismo se ha mostrado la forma de calcular la velocidad media en cada una de ellas. El caudal que transporta la sección transversal será igual a la suma de los caudales que pasan por cada área de influencia, es decir:

$$Q = V_1 \times A_1 + V_2 \times A_2 + V_3 \times A_3 + \dots + V_n \times A_n$$

Se puede expresar también como:

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i A_i$$

Recomendaciones:

Durante el aforo con correntometro se deberá tener presente lo siguiente:

1. Se deberá usar solamente correntómetros calibrados.
2. Siempre será necesario calibrar los correntómetros para cada una de las formas de sujeción a usarse (Por ejemplo, sujetado con cable con peso flotante de 25 Kg., sujetado en una barra de 20 mm. de diámetro).
3. Antes de cada aforo, se comprobará el buen estado de funcionamiento del correntometro y sus accesorios. Durante aforos largos se recomienda repetir la revisión.
4. Inmediatamente después de cada aforo será necesario revisar todo el equipo de aforo otra vez y limpiarlo bien.
5. En caso de correntometro sin uso por mas de medio año, se deberá limpiar bien los accesorios y partes móviles, para evitar aforos falsos por defecto de una resignificación.
6. El correntómetro deberá calibrarse nuevamente cuando sufre deformaciones (desgaste de la hélice) ó laceraciones de cualquiera de sus partes sensibles.

CAPITULO IV: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LOS AFOROS

4.1.- MEDICIONES DE CAMPO Y CÁLCULO DE CAUDALES:

Para efectuar las mediciones de velocidad, se utilizo un correntómetro electrónico unidireccional VALEPORT MODELO BFM001 y BFM002 adquirido por el Proyecto Especial Chincas, siendo operado por el personal propio del Proyecto.

Estos dos modelos están diseñados para medir la velocidad de agua con precisión en los cauces abiertos con flujos que varían de 0.03 m/s a 10 m/s (BFM001) o 0.05 m/s a 5 m/s (BFM002). La calibración de los medidores es basada en calibraciones de grupo llevadas a cabo por HR Wallingford a estándares establecidas por la British Standard Institución.

El correntómetro viene calibrado por el proveedor a fin de que nos arroje una lectura de Velocidad promedio en 30 segundos.

4.2.-USO FUNCIONAL DEL CORRENTOMETRO

El medidor puede usarse de dos maneras diferentes según los requisitos de funcionamiento y los equipos suministrados:

A.-Vadeo. -donde la profundidad de agua permite, el operador puede usar el medidor sujetado a la varilla de vadeo, mientras el vadeo en el río o arroyo y haciendo la medida de velocidad a los intervalos requeridos y profundidades. Las marcas de centímetros en la varilla de vadeo permiten posicionar el medidor con precisión a la altura requerida en la columna de agua y también para establecer la profundidad de agua total para permitir calcular las profundidades del perfil.

B.- Suspensión. -En agua más profunda el medidor puede suspenderse de un cable encima de un puente o parapeteado para hacer las medidas de velocidad requeridas.

Valeport proporciona un rango de pesas de lastre tipo Columbus, grúa de suspensión y un winche de aforo para hacer estos funcionamientos más fáciles para la medición

La ejecución de los aforos y mediciones de tirante, se contó con el apoyo de los técnicos operadores de la estación de control 40 + 100 y los operadores de la Bocatoma la Huaca. En la presente monografía, se incluyen la metodología de la medición de velocidades y determinación de caudal, así como los cuadros correspondientes al registro de datos durante los aforos realizados.

4.3.- SECCIONES DE CONTROL:

La ubicación de las secciones de control, donde se han efectuado aforos y mediciones de tirante, es la siguiente:

Canal Irchim	Km 3 + 318
Canal Carlos Leigh	Km. 0 + 200
Canal Principal Cascajal Nepeña	Km. 0 + 200
Canal Principal Nepeña Casma-Sechin	Km. 60 + 340

4.4 .- METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL CAUDAL

4.4.1 CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA KM 0 + 200:

➤ DESCRIPCION GENERAL

El volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa determinada sección transversal, denominada descarga o caudal, se obtiene multiplicando la velocidad promedio de la sección por el área correspondiente.

$$Q = V_p \times A$$

Donde:

Q = Caudal (m^3 / s)

V = Velocidad promedio (m / s)

A = Área de la sección transversal (m^2)

Con la finalidad de lograr una determinación precisa del valor de caudal, el área total de la sección transversal se divide en cuatro columnas de agua es decir el espejo de agua en partes iguales como se muestra en la figura.

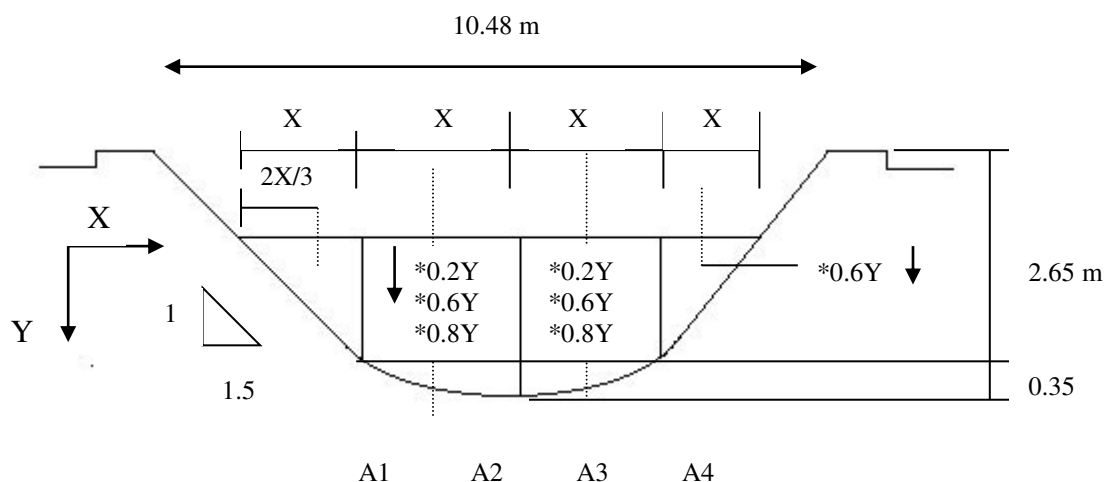


Figura N° 16. Sección transversal de aforo.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_T = A_1 \times V_{1P} + A_2 \times V_{2P} + A_3 \times V_{3P} + A_4 \times V_{4P}$$

Donde:

Q_T = Caudal total en la sección transversal.

Q_1, A_1, V_{1P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 1.

Q_2, A_2, V_{2P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 2.

Q_3, A_3, V_{3P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 3.

Q_4, A_4, V_{4P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 4.

Debido a la fricción entre flujo y el canal, así como por la turbulencia interna, la velocidad de la corriente varía de un punto a otro en una columna de agua. Se ha comprobado que la velocidad principal del flujo se obtiene a 0.60 de la altura de agua.

Para la medición de velocidades, la sección transversal de medición será dividida en cuatro columnas de agua (Figura 1) con la finalidad de recoger mayor información de la velocidad en la zona principal del flujo de agua. En las dos centrales se seguirá la metodología establecida en el Protocolo de Pruebas del INSTITUTO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA, mientras que, en las laterales, se contará con un punto de medición.

Para determinar la velocidad promedio se realizarán 3 mediciones a 0.20, 0.60 y 0.80 de la altura de la columna de agua en la zona Principal. Las velocidades obtenidas son promediadas teniendo en cuenta una mayor participación de la medición realizada a 0.60h.

$$V_{Pl} = V_1 \times 0.25 + V_2 \times 0.50 + V_3 \times 0.25$$

Donde:

V_P = Velocidad promedio de una columna de agua.

V_1 = Velocidad a 0.20 H.

V_2 = Velocidad a 0.60 H (velocidad principal).

V_3 = Velocidad a 0.80 H.

H = Altura de agua en la columna.

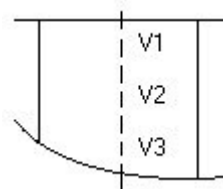


Fig. N° 17. Zona principal

➤ **DETERMINACION DEL NIVEL DE AGUA:**

El método para medir el nivel de agua consistió en medir con Wincha el talud Libre desde el nivel de agua hasta el borde del revestimiento. Con esta medida y recurriendo a los datos geométricos recogidos del Replanteo de la Sección en campo se calculo con mayor precisión el nivel de agua para cada Sección; en caso que el nivel de agua sea bajo entonces se procedió a medir el nivel con varilla.

4.4.2.- CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA CASMA-SECHIN KM 60 +340:

➤ DESCRIPCION GENERAL

El volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa determinada sección transversal, denominada descarga o caudal, se obtiene multiplicando la velocidad promedio de la sección por el área correspondiente.

$$Q = V_p \times A$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3 \text{ / s)}$$

$$V = \text{Velocidad promedio (m / s)}$$

$$A = \text{Área de la sección transversal (m}^2 \text{)}$$

Con la finalidad de lograr una determinación precisa del valor de caudal, el área total de la sección transversal se divide en cuatro columnas de agua es decir el espejo de agua en partes iguales como se muestra en la figura.

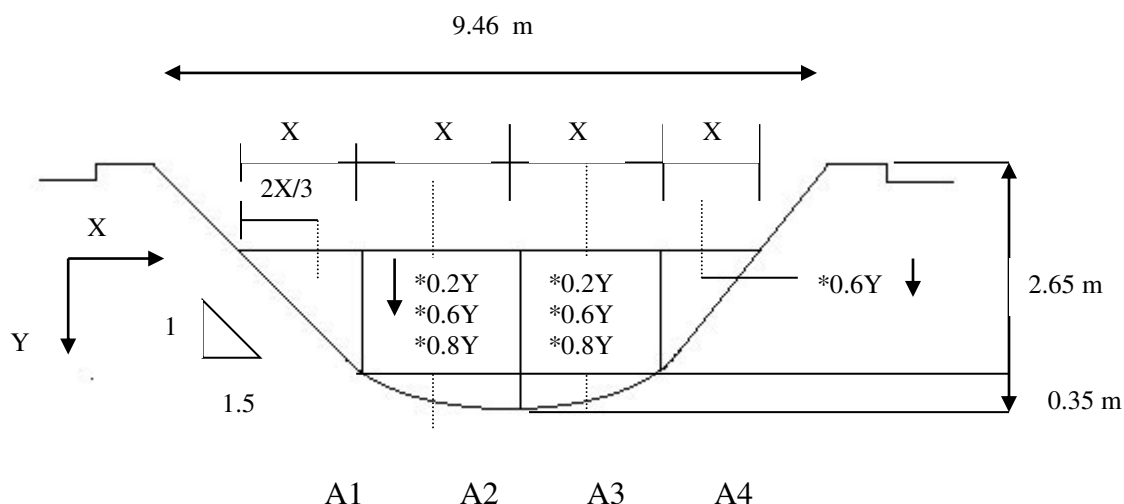


Figura N° 18. Sección transversal de aforo.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_T = A_1 \times V_{1P} + A_2 \times V_{2P} + A_3 \times V_{3P} + A_4 \times V_{4P}$$

Donde:

Q_T = Caudal total en la sección transversal.

Q_1, A_1, V_{1P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 1.

Q_2, A_2, V_{2P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 2.

Q_3, A_3, V_{3P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 3.

Q_4, A_4, V_{4P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 4.

Debido a la fricción entre flujo y el canal, así como por la turbulencia interna, la velocidad de la corriente varía de un punto a otro en una columna de agua. Se ha comprobado que la velocidad principal del flujo se obtiene a 0.60 de la altura de agua.

Para la medición de velocidades, la sección transversal de medición será dividida en cuatro columnas de agua (Figura 2) con la finalidad de recoger mayor información de la velocidad en la zona principal del flujo de agua. En las dos centrales se seguirá la metodología establecida en el Protocolo de Pruebas del INSTITUTO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA, mientras que, en las laterales, se contará con un punto de medición.

Para determinar la velocidad promedio se realizarán 3 mediciones a 0.20, 0.60 y 0.80 de la altura de la columna de agua en la zona Principal. Las velocidades obtenidas son promediadas teniendo en cuenta una mayor participación de la medición realizada a 0.60h.

$$V_{Pl} = V_1 \times 0.25 + V_2 \times 0.50 + V_3 \times 0.25$$

Donde:

V_P = Velocidad promedio de una columna de agua.

V_1 = Velocidad a 0.20 H.

V_2 = Velocidad a 0.60 H (velocidad principal).

V_3 = Velocidad a 0.80 H.

H = Altura de agua en la columna.

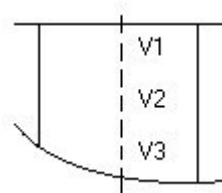


Figura N° 19. Zona Principal

➤ **DETERMINACION DEL NIVEL DE AGUA :**

El método para medir el nivel de agua consistió en medir con Wincha el talud Libre desde el nivel de agua hasta el borde del revestimiento. Con esta medida y recurriendo a los datos geométricos recogidos del Replanteo de la Sección en campo se calculo con mayor precisión el nivel de agua para cada Sección ; en caso que el nivel de agua sea bajo entonces se procedió a medir el nivel con varilla.

4.4.3.-CANAL IRCHIN KM 3 + 318 (Salida del Desarenador)

➤ DESCRIPCION GENERAL

El volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa determinada sección transversal, denominada descarga o caudal, se obtiene multiplicando la velocidad promedio de la sección por el área correspondiente.

$$Q = V_p \times A$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3 / \text{s)}$$

$$V = \text{Velocidad promedio (m / s)}$$

$$A = \text{Área de la sección transversal (m}^2 \text{)}$$

Para la medición de velocidades, la sección transversal de medición será dividida en cuatro columnas de agua (Figura 1) con la finalidad de recoger mayor información de la velocidad en la zona principal del flujo de agua. En las dos centrales se seguirá la metodología establecida en el Protocolo de Pruebas del INSTITUTO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA, mientras que en las laterales, se contará con un punto de medición.

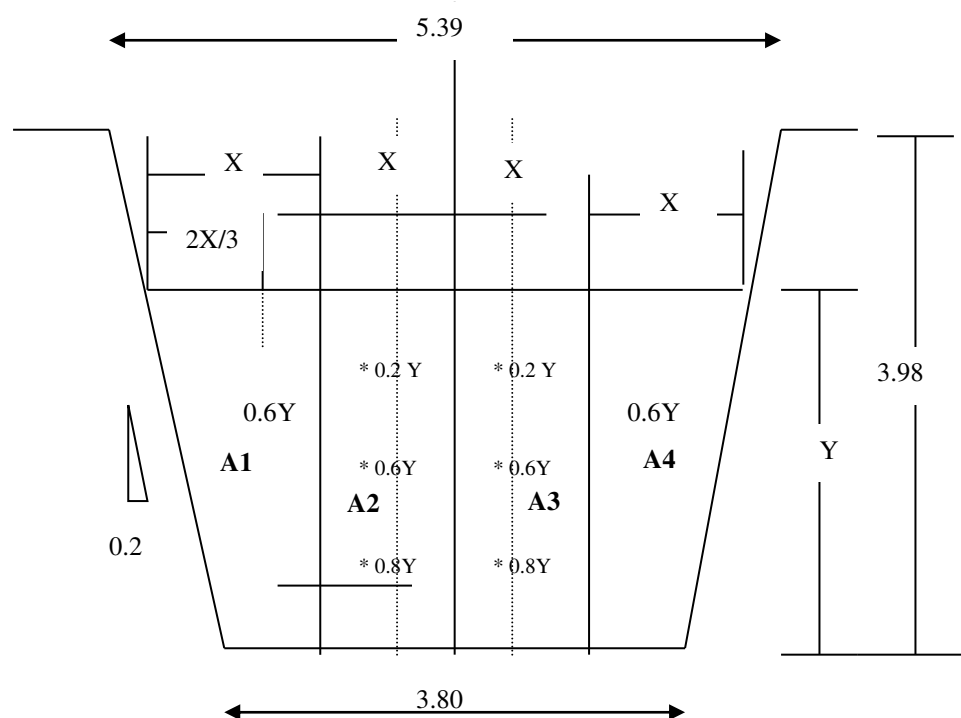


Fig. N° 21 . Sección transversal de aforo.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_T = A_1 \times V_{1P} + A_2 \times V_{2P} + A_3 \times V_{3P} + A_4 \times V_{4P}$$

Donde:

Q_T = Caudal total en la sección transversal.

Q_1, A_1, V_{1P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 1.

Q_2, A_2, V_{2P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 2.

Q_3, A_3, V_{3P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 3.

Q_4, A_4, V_{4P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 4.

Debido a la fricción entre flujo y el canal, así como por la turbulencia interna, la velocidad de la corriente varia de un punto a otro en una columna de agua. Se ha comprobado que la velocidad principal del flujo se obtiene a 0.60 de la altura de agua.

Para determinar la velocidad promedio se realizarán 3 mediciones a 0.20, 0.60 y 0.80 de la altura de la columna de agua en la zona Principal. Las velocidades obtenidas son promediadas teniendo en cuenta una mayor participación de la medición realizada a 0.60h.

$$V_{Pl} = V_1 \times 0.25 + V_2 \times 0.50 + V_3 \times 0.25$$

Donde:

V_P = Velocidad promedio de una columna de agua.

V_1 = Velocidad a 0.20 Y.

V_2 = Velocidad a 0.60 Y (velocidad principal).

V_3 = Velocidad a 0.80 Y.

➤ **DETERMINACION DEL NIVEL DE AGUA :**

El método para medir el nivel de agua consistió en medir con Wincha el talud Libre desde el nivel de agua hasta el borde del revestimiento. Con esta medida y recurriendo a los datos geométricos recogidos del Replanteo de la Sección en campo se calculo con mayor precisión el nivel de agua para cada Sección ; en caso que el nivel de agua sea bajo entonces se procedió a medir el nivel con varilla.

4.4.4.-CANAL CARLOS LEIGHT KM 0 + 200

➤ DESCRIPCION GENERAL

El volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa determinada sección transversal, denominada descarga o caudal, se obtiene multiplicando la velocidad promedio de la sección por el área correspondiente.

$$Q = V_p \times A$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3 / \text{s)}$$

$$V = \text{Velocidad promedio (m / s)}$$

$$A = \text{Área de la sección transversal (m}^2\text{)}$$

Para este caso se ha procedido a dividir en tres partes el espejo de agua para así recoger mayor información de la velocidad en la zona principal del flujo.

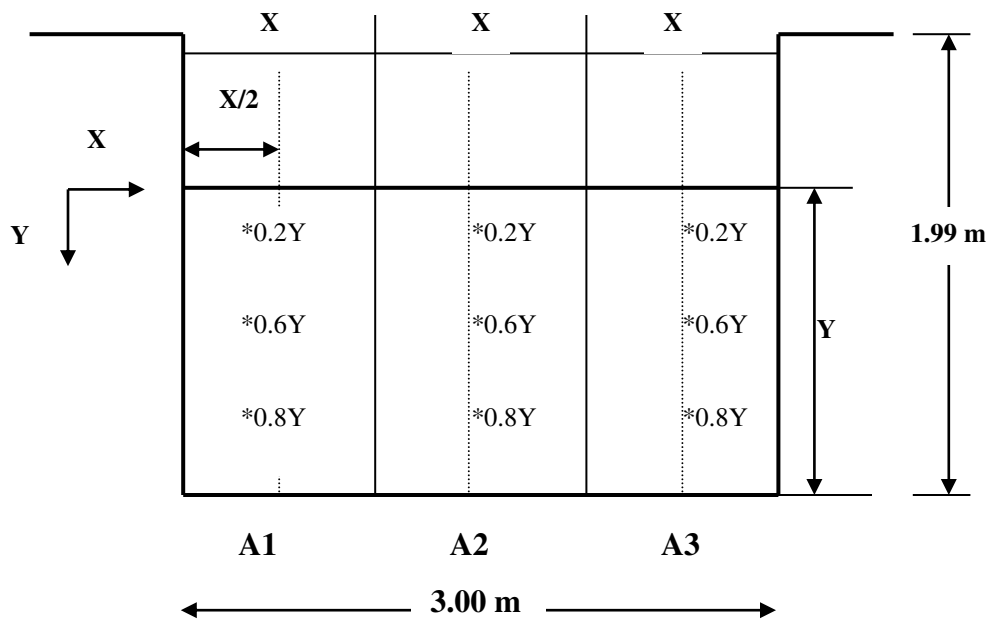


Fig. N° 22. Sección transversal de aforo.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = A_1 \times V_{1P} + A_2 \times V_{2P} + A_3 \times V_{3P}$$

Donde:

Q_T = Caudal total en la sección transversal.

Q_1, A_1, V_{1P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 1.

Q_2, A_2, V_{2P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 2.

Q_3, A_3, V_{3P} = Caudal, área y velocidad de la columna de agua 3.

Para determinar la velocidad promedio se realizarán 3 mediciones a 0.20, 0.60 y 0.80 de la altura de la columna de agua en la zona Principal. Las velocidades obtenidas son promediadas teniendo en cuenta una mayor participación de la medición realizada a 0.60h.

$$V_{PI} = V_1 \times 0.25 + V_2 \times 0.50 + V_3 \times 0.25$$

Donde:

V_P = Velocidad promedio de una columna de agua.

V_1 = Velocidad a 0.20 Y.

V_2 = Velocidad a 0.60 Y (velocidad principal).

V_3 = Velocidad a 0.80 Y.

➤ DETERMINACION DEL NIVEL DE AGUA:

Para la medición del tirante de agua se procedió a leer la mira pintada en el canal Carlos Leight ya que este es de sección rectangular.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- ✓ Se obtuvo como caudal máximo aforado $Q = 21.09 \text{ m}^3/\text{s}$ en el Canal Irchim (salida desarenador Km. 3 +318), con velocidad de 2.754 m/s y como caudal mínimo aforado de $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ en el Canal Principal Km 60 + 340 con velocidad de 0.30 m/s.
- ✓ En el proyecto especial CHINECAS se realizaron un total de 63 aforos en las secciones de control del Canal Irchim, Canal Principal y Canal Carlos Leigh, entre los meses de febrero - junio del 2005, tiempo que duro la campaña de aforos.
- ✓ El método empleado para medir los caudales fue el que se ha descrito en la presente monografía es decir el método del Correntometro que a su vez da una mayor precisión con respecto a los otros métodos.
- ✓ Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente para la obtención de la ecuación de la curva de calibración y luego interpolados para obtener la tabla Mira – Caudal.
- ✓ Se realizo un replanteo de las secciones de control para su verificación geométrica en relación a los planos de Obra.

Recomendaciones:

- ✓ La disposición de ubicación de miras se debe hacer teniendo en cuenta que esta no debe ser afectada por resaltos hidráulicos, curvas de remanso, transiciones, caídas, rápidas, porque estas afectan su real lectura.
- ✓ Realizar un repintado de las miras cada año, instaladas en las secciones de control aforadas. A su vez realizar el mantenimiento de las casetas Limnigráfica de posibles arenados.
- ✓ Las secciones a ser aforadas deben ser de tramos rectos, donde el nivel de agua sea estable sin presencia de curvas de remanso ocasionadas por compuertas ó estructuras hidráulicas que puedan alterar la medición. Todas las secciones de control deben cumplir con estos requisitos.
- ✓ Las operaciones de aforo debido a su gran importancia que estas representan, se deben realizar con mucha responsabilidad, para la obtención de datos confiables.
- ✓ Se recomienda medir el ángulo de inclinación que forma la línea de la plomada con respecto a la vertical, con la finalidad de corregir las profundidades en el caso de ser necesario. (α máx. = 8°).

Bibliografía

1.- Libro de Hidráulica de canales abiertos

Autor: Ven Te Chow.

2.- Manual de Aforo en cursos de agua con superficie libre utilizando correntómetro.

Autor: Laboratorio de Hidráulica.

3.- Biblioteca del Proyecto Especial Chinecas: Planos según Obra.

4.- Informe de Pruebas Hidráulicas en el proyecto especial CHINECAS

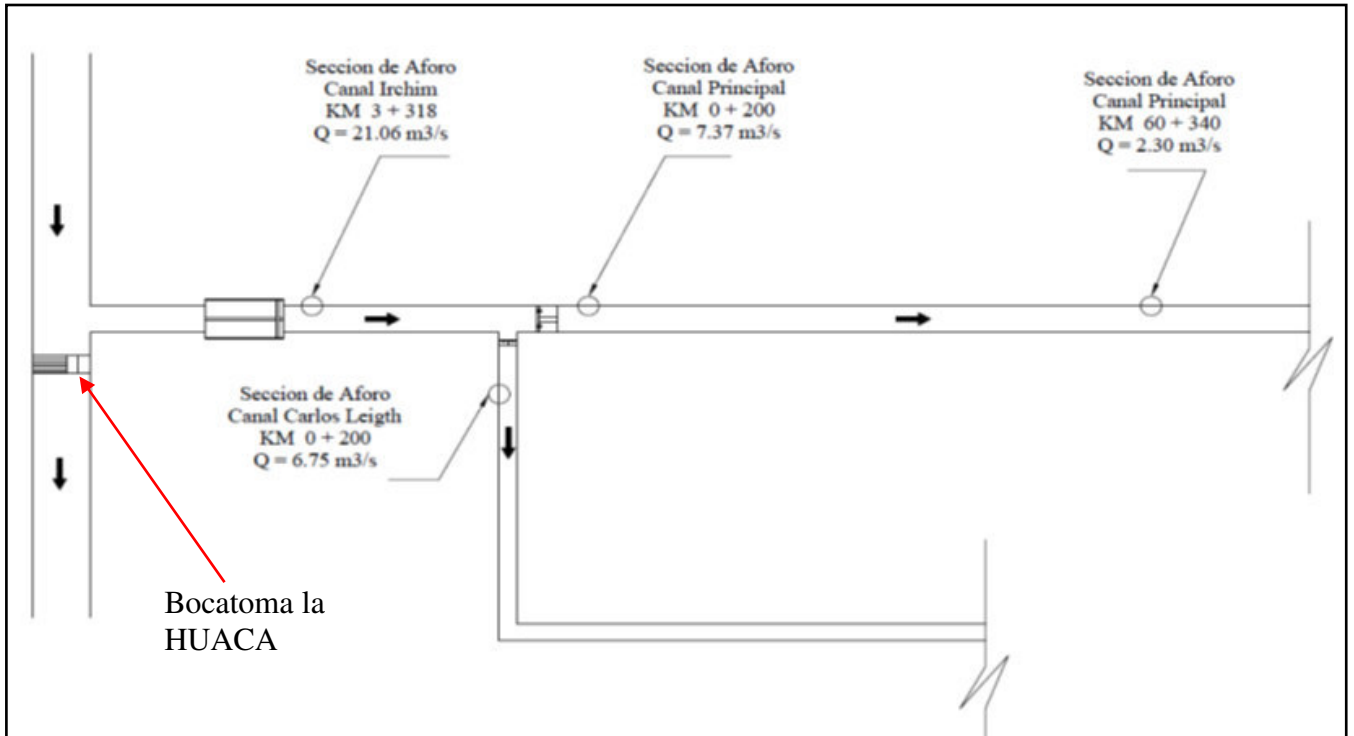
Autor: Universidad de Piura

5.- Informe y Planteamiento de solución de la Problemática de las tierras invadidas en el P.E. CHINECAS.

Autor: Informe deL INADE (Instituto nacional de desarrollo).

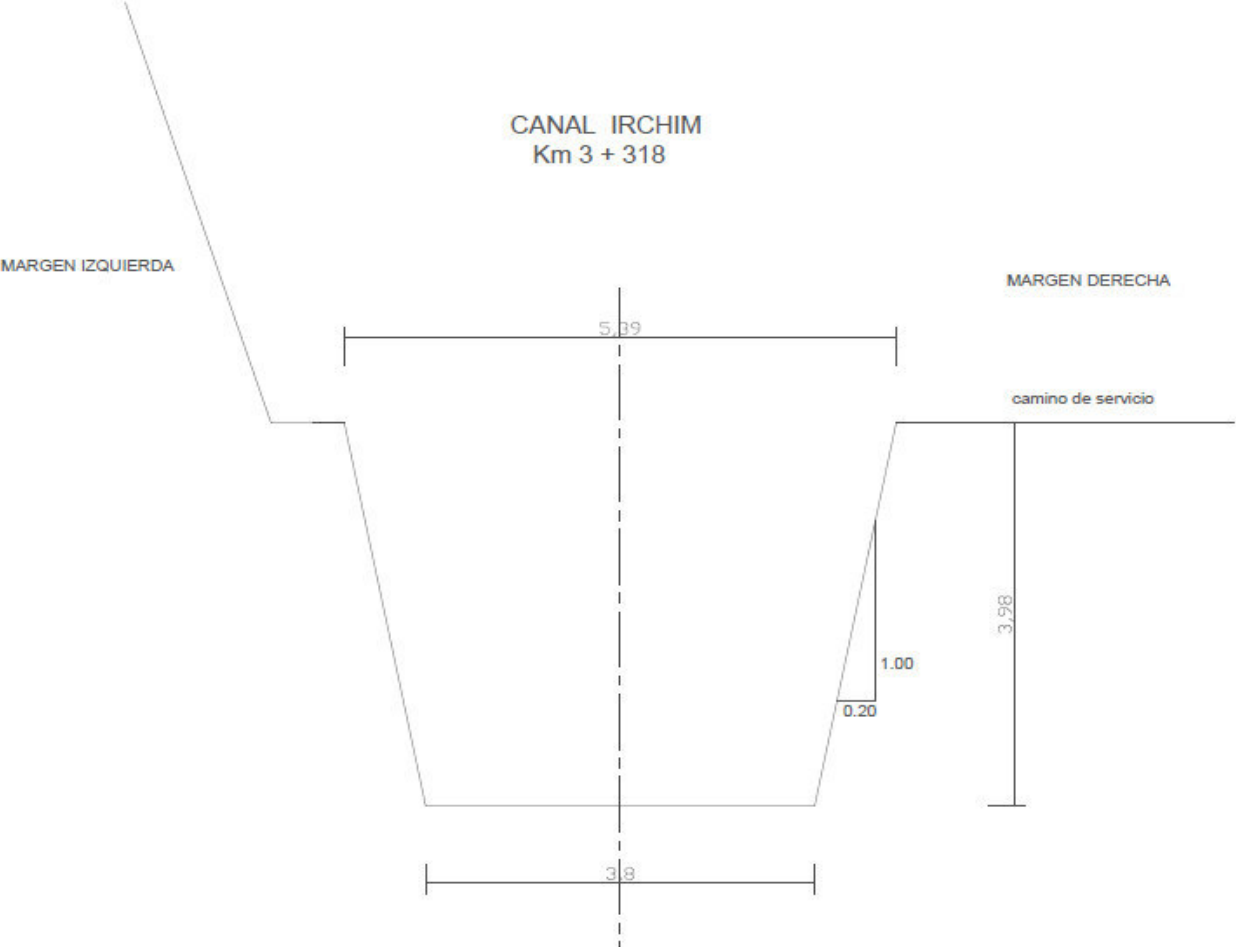
ANEXO 1

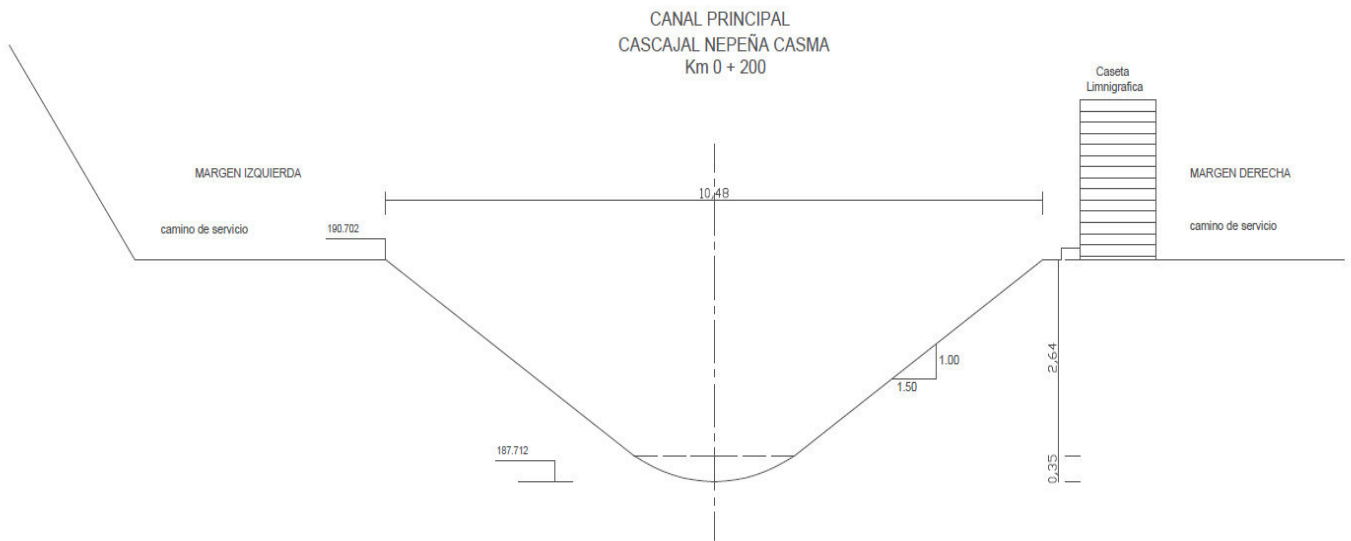
ESQUEMA HIDRÁULICO

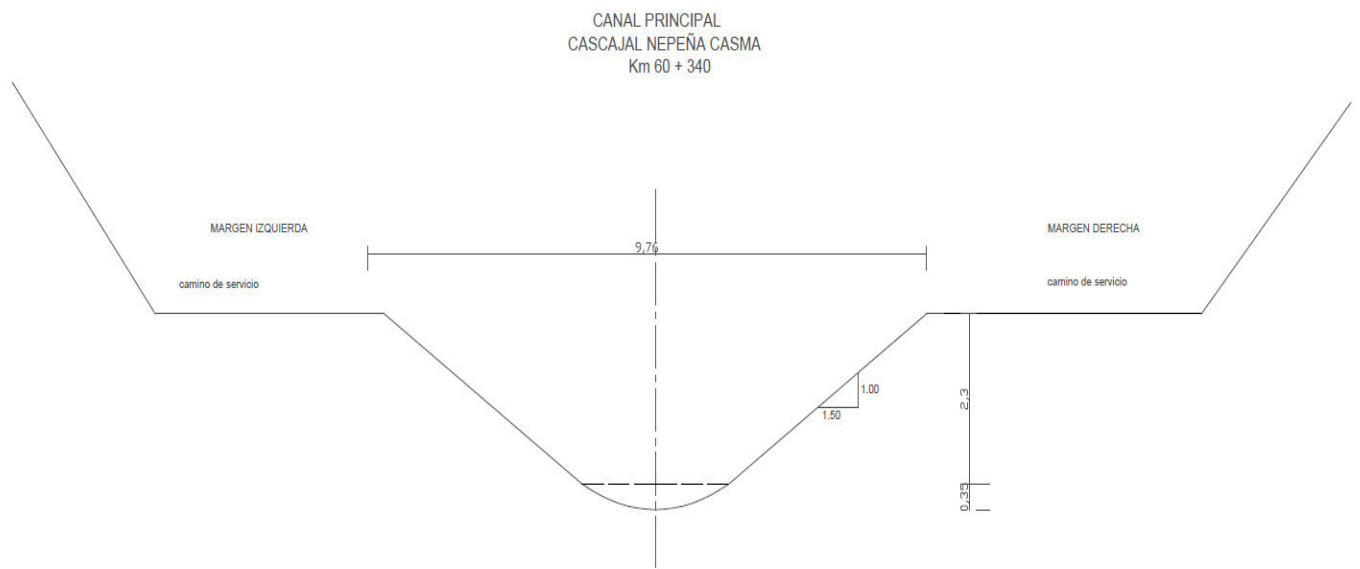


ANEXO 2

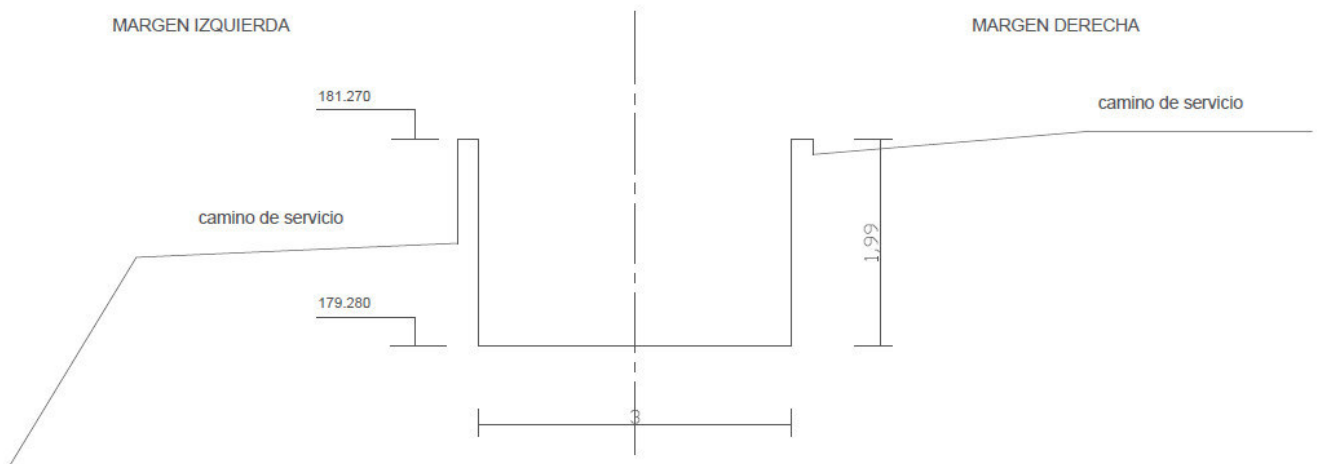
PLANOS DE SECCIONES DE CONTROL





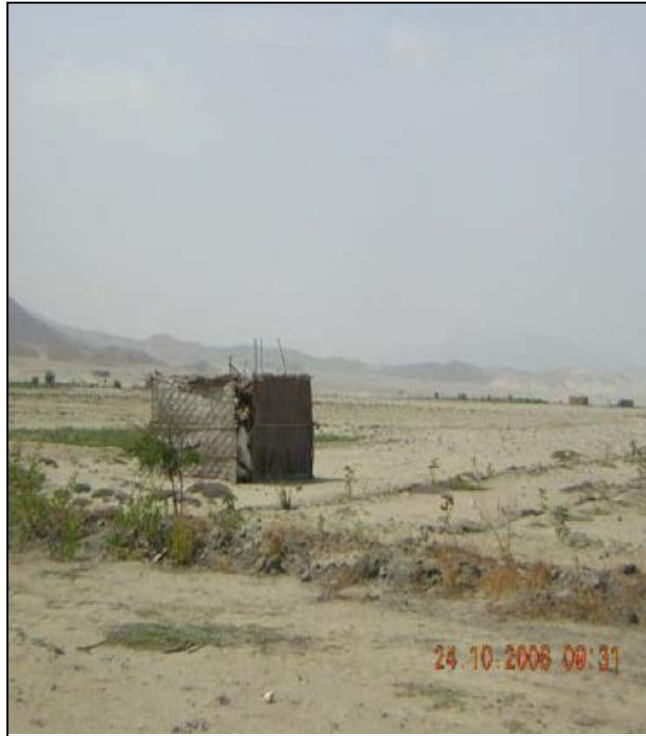


CANAL CARLOS LEIGHT
Km 0 + 200



ANEXO 3

FOTOS DE AREAS INVADIDAS



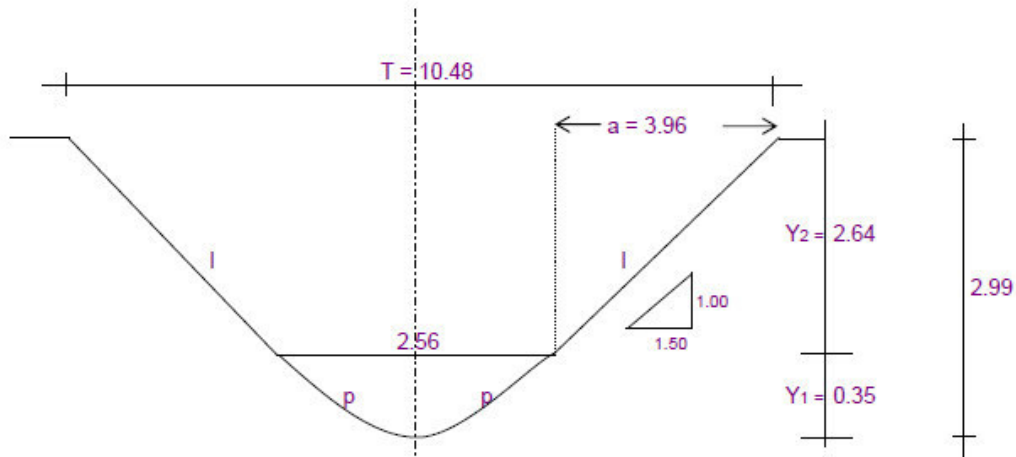




ANEXO 4

CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA CASMA
SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM. 0+200

Replanteo de sección realizado en el mes de Abril del 2,005



Características Geométricas Medidos en el Campo:

- $l = 4.75 \text{ m.}$ → Es la medida del muro del canal de sección trapezoidal
- $p = 1.35 \text{ m.}$ → Es la medida del semiperímetro de la sección parabólica.
- $y_1 = 0.35 \text{ m.}$ → Es la medida de la altura o tirante de agua en la sección parabólica.
- $B = 2.56 \text{ m.}$ → Es la medida del espejo de agua para la altura o tirante máxima en la sección parabólica.
- $Z = 1.50$
- $T = 10.48 \text{ m.}$ → Es la medida de la boca máxima de la sección para una altura máxima de sección

Cálculos:

$l + p = 4.75 + 1.35 = 6.10 \text{ m}$ → Es el semiperímetro de la sección total del canal

$$p = [B + 8 \cdot (y_1)^2 / 3B] / 2 = [2.56 + (8 \cdot 0.35^2 / 3 \cdot 2.56)] / 2 = 1.344 \text{ m.}$$



$$\text{tg} \phi = 1/1.5 = 0.666666$$

$$\phi = \text{arc. Tg. } 0.666666 = 33.69006753$$

$$\text{Sen} \phi = y_2 / 4.75 \rightarrow y_2 = 4.75 \cdot \text{Sen } 33.69006753 = 2.64 \text{ m.}$$

$$a = Z \cdot y_2 = 1.5 \cdot 2.64 = 3.96 \text{ m.}$$

$$T = 3.96 \cdot 2 + 2.56 = 10.48 \text{ m} \quad (\text{O.K.})$$

$$B/2 = 2.56/2 = 1.28 \text{ m.}$$

Cálculo de la Ecuación de la parábola:

$$X^2 = 2KY$$

$$1.28^2 = 2K(0.35) \rightarrow K = 2.34057$$

$$X^2 = 2 \cdot 2.34057 \cdot Y$$

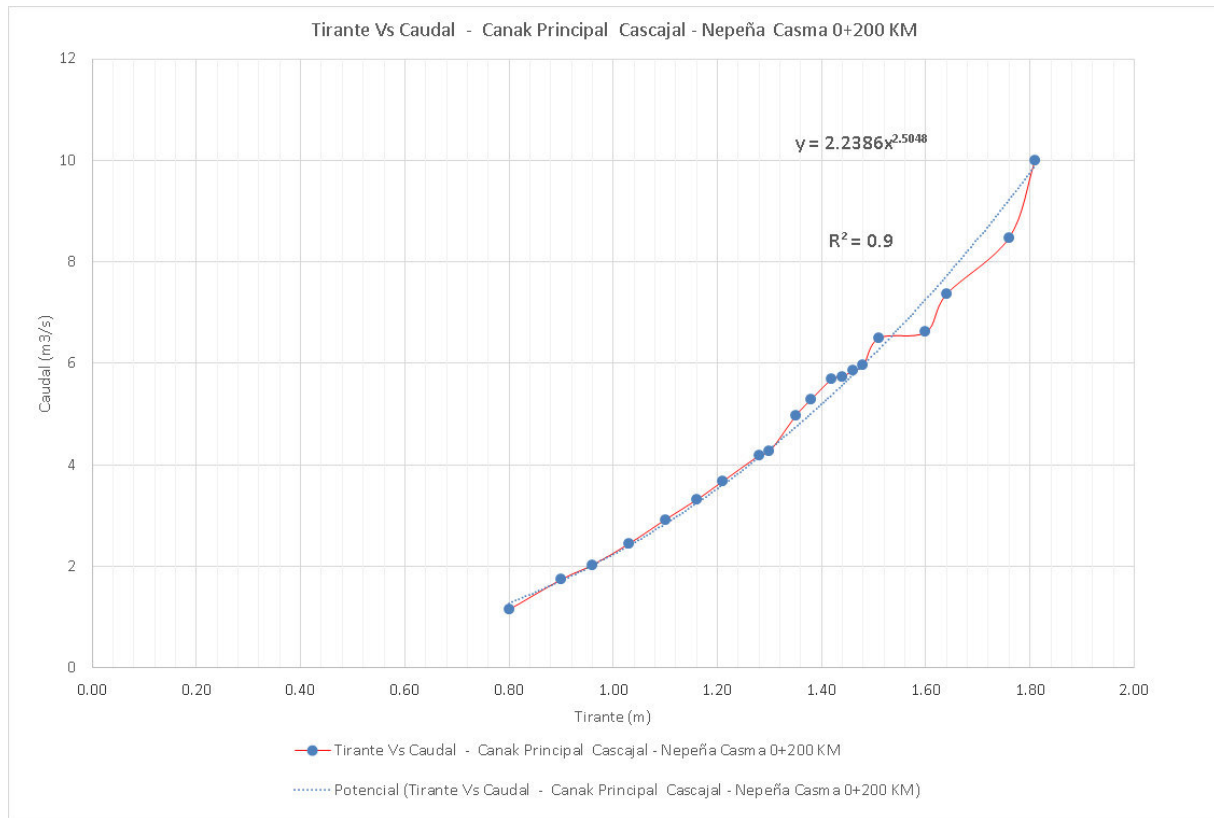
$$X^2 = 4.681143 Y$$

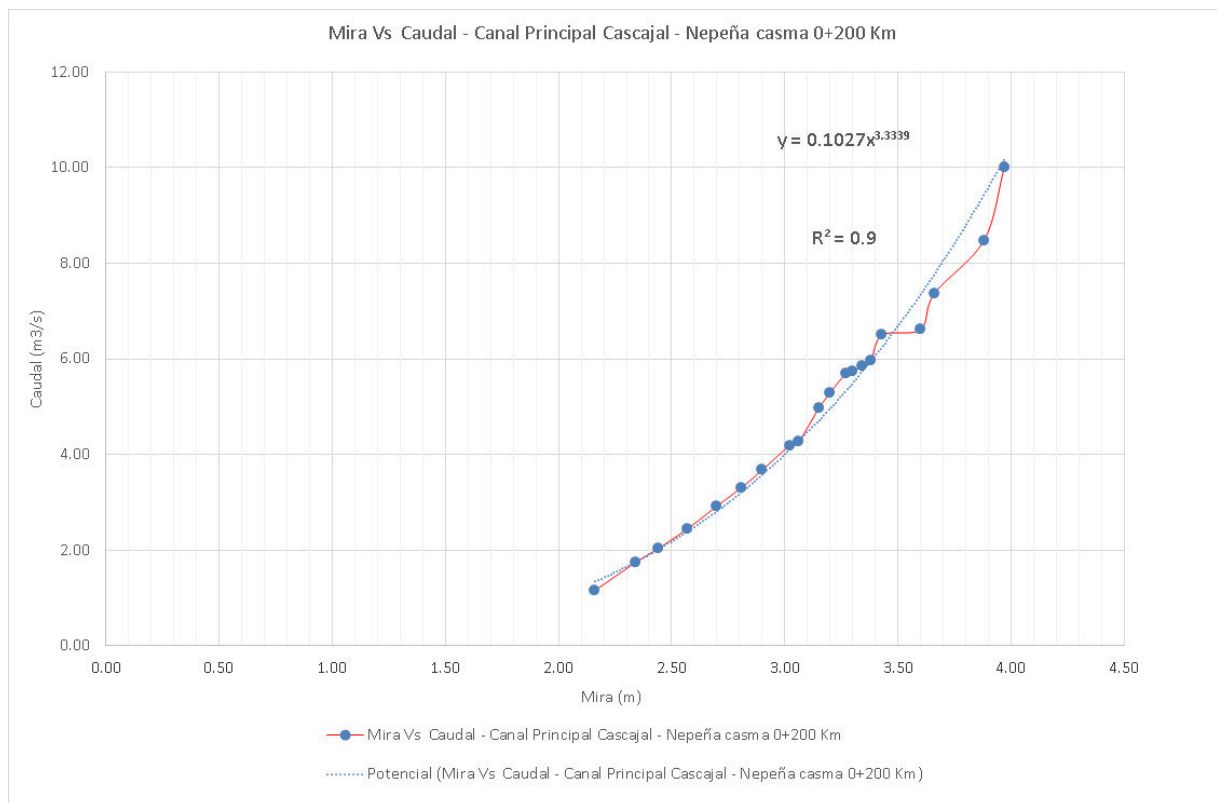
Diagrama de un canal de sección trapezoidal con un tirante de agua parabólico. El diagrama principal muestra el perfil del canal con una pendiente de 1.00 horizontal por 1.50 vertical. El tirante de agua se divide en una sección parabólica (entre A1 y A2) y una sección trapezoidal (entre A2 y A4). Se indican los anchos de agua B, B1/4 y B2/4. Se muestran los tirantes Y1 y Y2. El diagrama inferior izquierdo es un detalle de la sección trapezoidal con anchos a1, a2, a3 y a4, y una pendiente de 1.00 horizontal por 1.50 vertical. El diagrama inferior derecho muestra la ecuación $X^2 = 2KY$.

HOJA DE CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN LAS VELOCIDADES PROMEDIOS EN AFOROS

CORRENTÓMETRO : VALEPORT
FECHA : ABRIL DEL 2,005

Transecto(m)			MORA m	Z	B (m)	B (m)	Español B=B+2H	B/4 (m)	Áreas (m²)				Vprom.(m/s) Calculado por el correntómetro				Caudales Parciales (m³/seg.)				Dirección (m³/seg.)
Y1	Y2	Y1							A1	A2	A3	A4	Vp1	Vp2	Vp3	Vp4	Qprom.1	Qprom.2	Qprom.3	Qprom.4	
0.35	0.45	0.80	2.16	1.5	2.56	0.68	3.91	0.98	0.311	0.715	0.715	0.311	0.587	0.566	0.561	0.520	0.18	0.41	0.40	0.16	1.15
0.35	0.55	0.90	2.34	1.5	2.56	0.83	4.21	1.05	0.365	0.864	0.864	0.365	0.734	0.728	0.687	0.687	0.27	0.63	0.59	0.25	1.74
0.35	0.61	0.96	2.44	1.5	2.56	0.92	4.39	1.10	0.399	0.959	0.959	0.399	0.740	0.746	0.755	0.740	0.30	0.72	0.72	0.30	2.03
0.35	0.68	1.03	2.57	1.5	2.56	1.02	4.60	1.15	0.440	1.076	1.076	0.440	0.853	0.826	0.787	0.764	0.37	0.89	0.85	0.34	2.45
0.35	0.75	1.10	2.70	1.5	2.56	1.13	4.81	1.20	0.482	1.199	1.199	0.482	0.850	0.817	0.896	0.953	0.41	0.98	1.07	0.46	2.92
0.35	0.81	1.16	2.81	1.5	2.56	1.22	4.99	1.25	0.519	1.309	1.309	0.519	1.004	0.897	0.888	0.879	0.52	1.17	1.16	0.46	3.31
0.35	0.86	1.21	2.90	1.5	2.56	1.29	5.14	1.29	0.550	1.404	1.404	0.550	0.923	0.888	0.968	1.024	0.51	1.25	1.36	0.56	3.68
0.35	0.93	1.28	3.02	1.5	2.56	1.40	5.35	1.34	0.596	1.542	1.542	0.596	1.025	1.014	0.916	1.004	0.61	1.56	1.41	0.60	4.18
0.35	0.95	1.30	3.06	1.5	2.56	1.43	5.41	1.35	0.609	1.582	1.582	0.609	0.940	0.953	0.977	1.045	0.57	1.51	1.55	0.64	4.26
0.35	1.00	1.35	3.15	1.5	2.56	1.50	5.56	1.39	0.643	1.685	1.685	0.643	0.983	1.012	1.124	1.137	0.63	1.71	1.89	0.73	4.96
0.35	1.03	1.38	3.20	1.5	2.56	1.55	5.65	1.41	0.664	1.749	1.749	0.664	1.122	1.095	1.057	1.181	0.75	1.92	1.85	0.78	5.29
0.35	1.07	1.42	3.27	1.5	2.56	1.61	5.77	1.44	0.692	1.835	1.835	0.692	1.164	1.118	1.100	1.181	0.81	2.05	2.02	0.82	5.69
0.35	1.09	1.44	3.30	1.5	2.56	1.64	5.83	1.46	0.707	1.878	1.878	0.707	1.045	1.060	1.156	1.187	0.74	1.99	2.17	0.84	5.74
0.35	1.11	1.46	3.34	1.5	2.56	1.67	5.89	1.47	0.721	1.923	1.923	0.721	1.125	1.122	1.080	1.125	0.81	2.16	2.08	0.81	5.86
0.35	1.13	1.48	3.38	1.5	2.56	1.70	5.95	1.49	0.736	1.967	1.967	0.736	1.116	1.058	1.152	1.075	0.82	2.08	2.27	0.79	5.96
0.35	1.16	1.51	3.43	1.5	2.56	1.74	6.04	1.51	0.758	2.035	2.035	0.758	1.131	1.144	1.171	1.232	0.86	2.33	2.38	0.93	6.50
0.35	1.25	1.60	3.60	1.5	2.56	1.88	6.31	1.58	0.826	2.244	2.244	0.826	1.072	1.110	1.049	1.069	0.89	2.49	2.36	0.88	6.62
0.35	1.29	1.64	3.66	1.5	2.56	1.94	6.43	1.61	0.857	2.341	2.341	0.857	1.137	1.160	1.145	1.164	0.97	2.71	2.68	1.00	7.37
0.35	1.41	1.76	3.88	1.5	2.56	2.12	6.79	1.70	0.955	2.639	2.639	0.955	1.149	1.099	1.206	1.359	1.10	2.90	3.18	1.30	8.48
0.35	1.46	1.81	3.97	1.5	2.56	2.19	6.94	1.74	0.998	2.768	2.768	0.998	1.380	1.286	1.309	1.451	1.38	3.56	3.62	1.45	10.01





RELACION MIRA CAUDAL EN EL CANAL PRINCIPAL KM 0 + 200

Q = 0.1027 M³.3339

Q = Caudal (m3/s)

M = Lectura de Mira (m)

LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)
1.00	0.101	1.51	0.406	1.98	1.001	2.45	2.037	2.92	3.657	3.39	6.015	3.86	9.272
1.01	0.106	1.52	0.415	1.99	1.018	2.46	2.065	2.93	3.699	3.4	6.074	3.87	9.353
1.02	0.110	1.53	0.424	2	1.036	2.47	2.093	2.94	3.741	3.41	6.134	3.88	9.434
1.03	0.115	1.54	0.433	2.01	1.053	2.48	2.121	2.95	3.784	3.42	6.194	3.89	9.515
1.05	0.120	1.55	0.443	2.02	1.070	2.49	2.150	2.96	3.827	3.43	6.254	3.9	9.597
1.06	0.124	1.56	0.452	2.03	1.088	2.5	2.179	2.97	3.870	3.44	6.315	3.91	9.679
1.07	0.129	1.57	0.462	2.04	1.106	2.51	2.208	2.98	3.913	3.45	6.377	3.92	9.762
1.08	0.134	1.58	0.472	2.05	1.124	2.52	2.238	2.99	3.957	3.46	6.439	3.93	9.845
1.10	0.139	1.59	0.482	2.06	1.143	2.53	2.267	3	4.002	3.47	6.501	3.94	9.929
1.11	0.145	1.6	0.492	2.07	1.161	2.54	2.297	3.01	4.046	3.48	6.564	3.95	10.013
1.12	0.150	1.61	0.502	2.08	1.180	2.55	2.328	3.02	4.091	3.49	6.627	3.96	10.098
1.13	0.155	1.62	0.513	2.09	1.199	2.56	2.358	3.03	4.137	3.5	6.690	3.97	10.183
1.14	0.161	1.63	0.524	2.1	1.218	2.57	2.389	3.04	4.182	3.51	6.754	3.98	10.269
1.16	0.166	1.64	0.534	2.11	1.238	2.58	2.420	3.05	4.228	3.52	6.819	3.99	10.355
1.17	0.172	1.65	0.545	2.12	1.258	2.59	2.452	3.06	4.275	3.53	6.883	4	10.442
1.18	0.178	1.66	0.556	2.13	1.277	2.6	2.483	3.07	4.322	3.54	6.949	4.01	10.529
1.19	0.184	1.67	0.568	2.14	1.298	2.61	2.515	3.08	4.369	3.55	7.014	4.02	10.617
1.20	0.190	1.68	0.579	2.15	1.318	2.62	2.548	3.09	4.416	3.56	7.080	4.03	10.705
1.21	0.196	1.69	0.591	2.16	1.338	2.63	2.580	3.1	4.464	3.57	7.147	4.04	10.794
1.22	0.202	1.7	0.602	2.17	1.359	2.64	2.613	3.11	4.512	3.58	7.214	4.05	10.883
1.24	0.208	1.71	0.614	2.18	1.380	2.65	2.646	3.12	4.561	3.59	7.281	4.06	10.973
1.25	0.214	1.72	0.626	2.19	1.401	2.66	2.680	3.13	4.610	3.6	7.349	4.07	11.064
1.26	0.221	1.73	0.639	2.2	1.423	2.67	2.713	3.14	4.659	3.61	7.417	4.08	11.155
1.27	0.227	1.74	0.651	2.21	1.445	2.68	2.747	3.15	4.709	3.62	7.486	4.09	11.246
1.28	0.234	1.75	0.663	2.22	1.466	2.69	2.782	3.16	4.759	3.63	7.555	4.1	11.338
1.29	0.240	1.76	0.676	2.23	1.489	2.7	2.816	3.17	4.809	3.64	7.625	4.11	11.430
1.30	0.247	1.77	0.689	2.24	1.511	2.71	2.851	3.18	4.860	3.65	7.695	4.12	11.523
1.31	0.254	1.78	0.702	2.25	1.534	2.72	2.887	3.19	4.911	3.66	7.765	4.13	11.617
1.32	0.261	1.79	0.715	2.26	1.556	2.73	2.922	3.2	4.962	3.67	7.836	4.14	11.711
1.33	0.268	1.8	0.729	2.27	1.580	2.74	2.958	3.21	5.014	3.68	7.908	4.15	11.805
1.34	0.275	1.81	0.742	2.28	1.603	2.75	2.994	3.22	5.067	3.69	7.980	4.16	11.901
1.35	0.282	1.82	0.756	2.29	1.626	2.76	3.031	3.23	5.119	3.7	8.052	4.17	11.996
1.36	0.286	1.83	0.770	2.3	1.650	2.77	3.067	3.24	5.172	3.71	8.125	4.18	12.092
1.37	0.293	1.84	0.784	2.31	1.674	2.78	3.104	3.25	5.226	3.72	8.198	4.19	12.189
1.38	0.301	1.85	0.799	2.32	1.699	2.79	3.142	3.26	5.279	3.73	8.272	4.2	12.286
1.39	0.308	1.86	0.813	2.33	1.723	2.8	3.179	3.27	5.334	3.74	8.346	4.21	12.384
1.40	0.315	1.87	0.828	2.34	1.748	2.81	3.217	3.28	5.388	3.75	8.420	4.22	12.482
1.41	0.323	1.88	0.843	2.35	1.773	2.82	3.256	3.29	5.443	3.76	8.496	4.23	12.581
1.42	0.331	1.89	0.858	2.36	1.798	2.83	3.294	3.3	5.498	3.77	8.571	4.24	12.681
1.43	0.338	1.9	0.873	2.37	1.824	2.84	3.333	3.31	5.554	3.78	8.647	4.25	12.781
1.44	0.346	1.91	0.888	2.38	1.849	2.85	3.373	3.32	5.610	3.79	8.724	4.26	12.881
1.45	0.354	1.92	0.904	2.39	1.875	2.86	3.412	3.33	5.667	3.8	8.801	4.27	12.982
1.46	0.363	1.93	0.920	2.4	1.902	2.87	3.452	3.34	5.724	3.81	8.878	4.28	13.084
1.47	0.371	1.94	0.936	2.41	1.928	2.88	3.493	3.35	5.781	3.82	8.956	4.29	13.186
1.48	0.379	1.95	0.952	2.42	1.955	2.89	3.533	3.36	5.839	3.83	9.034	4.3	13.289
1.49	0.388	1.96	0.968	2.43	1.982	2.9	3.574	3.37	5.897	3.84	9.113	4.31	13.392
1.50	0.397	1.97	0.985	2.44	2.010	2.91	3.615	3.38	5.956	3.85	9.193	4.32	13.496

RELACION TIRANTE CAUDAL EN EL CANAL PRINCIPAL KM 0 + 200

$Q = 2.2386 Y^{2.5048}$

Q = Caudal (m3/s)

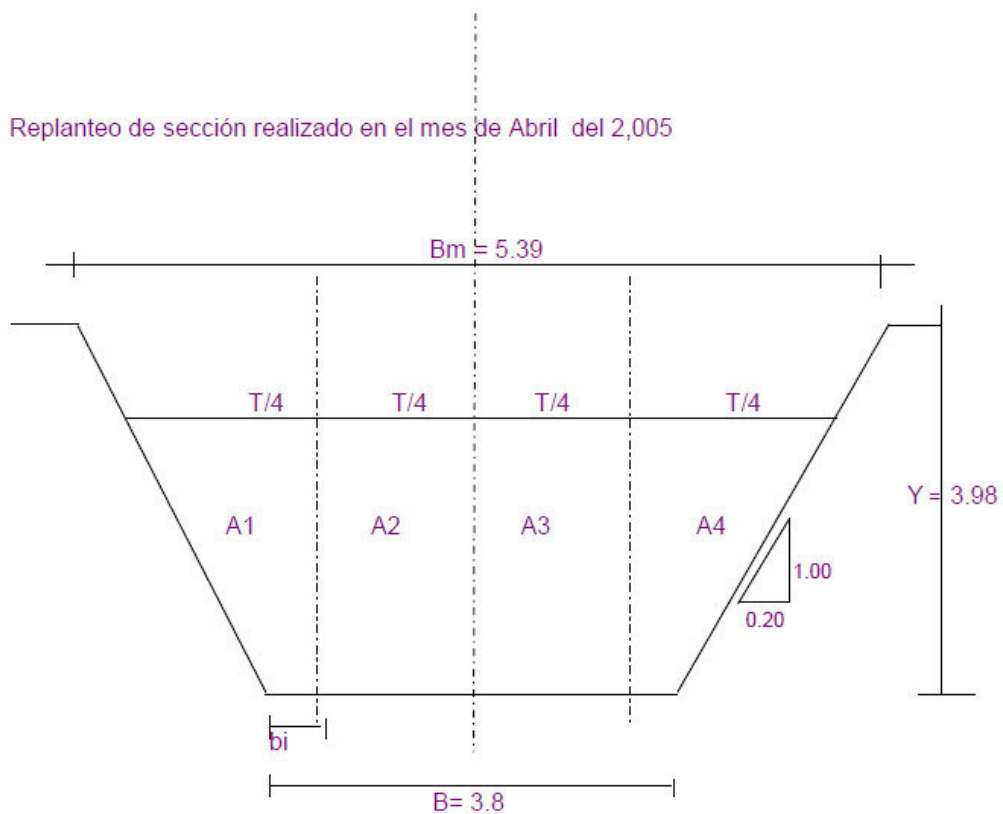
Y = Lectura de Tirante (m)

LECTURA DE TIRANTE (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE TIRANTE (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE TIRANTE (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE TIRANTE (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)
0.2	0.040	0.67	0.821	1.14	3.108	1.61	7.380
0.21	0.045	0.68	0.852	1.15	3.177	1.62	7.495
0.22	0.050	0.69	0.884	1.16	3.247	1.63	7.611
0.23	0.056	0.7	0.916	1.17	3.317	1.64	7.729
0.24	0.063	0.71	0.949	1.18	3.389	1.65	7.847
0.25	0.069	0.72	0.983	1.19	3.461	1.66	7.967
0.26	0.077	0.73	1.018	1.2	3.534	1.67	8.088
0.27	0.084	0.74	1.053	1.21	3.609	1.68	8.210
0.28	0.092	0.75	1.089	1.22	3.684	1.69	8.333
0.29	0.101	0.76	1.126	1.23	3.760	1.7	8.457
0.3	0.110	0.77	1.163	1.24	3.837	1.71	8.582
0.31	0.119	0.78	1.201	1.25	3.915	1.72	8.708
0.32	0.129	0.79	1.240	1.26	3.994	1.73	8.836
0.33	0.139	0.8	1.280	1.27	4.074	1.74	8.964
0.34	0.150	0.81	1.321	1.28	4.154	1.75	9.094
0.35	0.161	0.82	1.362	1.29	4.236	1.76	9.224
0.36	0.173	0.83	1.404	1.3	4.319	1.77	9.356
0.37	0.186	0.84	1.446	1.31	4.403	1.78	9.489
0.38	0.198	0.85	1.490	1.32	4.487	1.79	9.623
0.39	0.212	0.86	1.534	1.33	4.573	1.8	9.759
0.4	0.226	0.87	1.579	1.34	4.660	1.81	9.895
0.41	0.240	0.88	1.625	1.35	4.747	1.82	10.032
0.42	0.255	0.89	1.672	1.36	4.836	1.83	10.171
0.43	0.270	0.9	1.719	1.37	4.925	1.84	10.311
0.44	0.286	0.91	1.768	1.38	5.016	1.85	10.452
0.45	0.303	0.92	1.817	1.39	5.107	1.86	10.594
0.46	0.320	0.93	1.867	1.4	5.200	1.87	10.737
0.47	0.338	0.94	1.917	1.41	5.293	1.88	10.881
0.48	0.356	0.95	1.969	1.42	5.388	1.89	11.027
0.49	0.375	0.96	2.021	1.43	5.484	1.9	11.174
0.5	0.394	0.97	2.074	1.44	5.580	1.91	11.322
0.51	0.414	0.98	2.128	1.45	5.678	1.92	11.471
0.52	0.435	0.99	2.183	1.46	5.776	1.93	11.621
0.53	0.456	1	2.239	1.47	5.876	1.94	11.772
0.54	0.478	1.01	2.295	1.48	5.977	1.95	11.925
0.55	0.501	1.02	2.352	1.49	6.078	1.96	12.079
0.56	0.524	1.03	2.411	1.5	6.181	1.97	12.234
0.57	0.548	1.04	2.470	1.51	6.285	1.98	12.390
0.58	0.572	1.05	2.530	1.52	6.389	1.99	12.547
0.59	0.597	1.06	2.590	1.53	6.495	2	12.706
0.6	0.623	1.07	2.652	1.54	6.602	2.01	12.865
0.61	0.649	1.08	2.715	1.55	6.710	2.02	13.026
0.62	0.676	1.09	2.778	1.56	6.819	2.03	13.188
0.63	0.704	1.1	2.842	1.57	6.929	2.04	13.352
0.64	0.732	1.11	2.907	1.58	7.040	2.05	13.516
0.65	0.761	1.12	2.973	1.59	7.152	2.06	13.682
0.66	0.791	1.13	3.040	1.6	7.265	2.07	13.849

ANEXO 5

CANAL IRCHIM KM 3 + 318
SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM. 3+318

Replanteo de sección realizado en el mes de Abril del 2,005



Características Geométricas Medidos en el Campo:

T/4	→	Es la medida cuarta parte del espejo de agua
B	→	Es la medida de la base menor
Bm	→	Es la medida de la base mayor
Y	→	Es la medida del tirante de agua
Z = 0.2		
T	→	Es la medida del espejo del agua

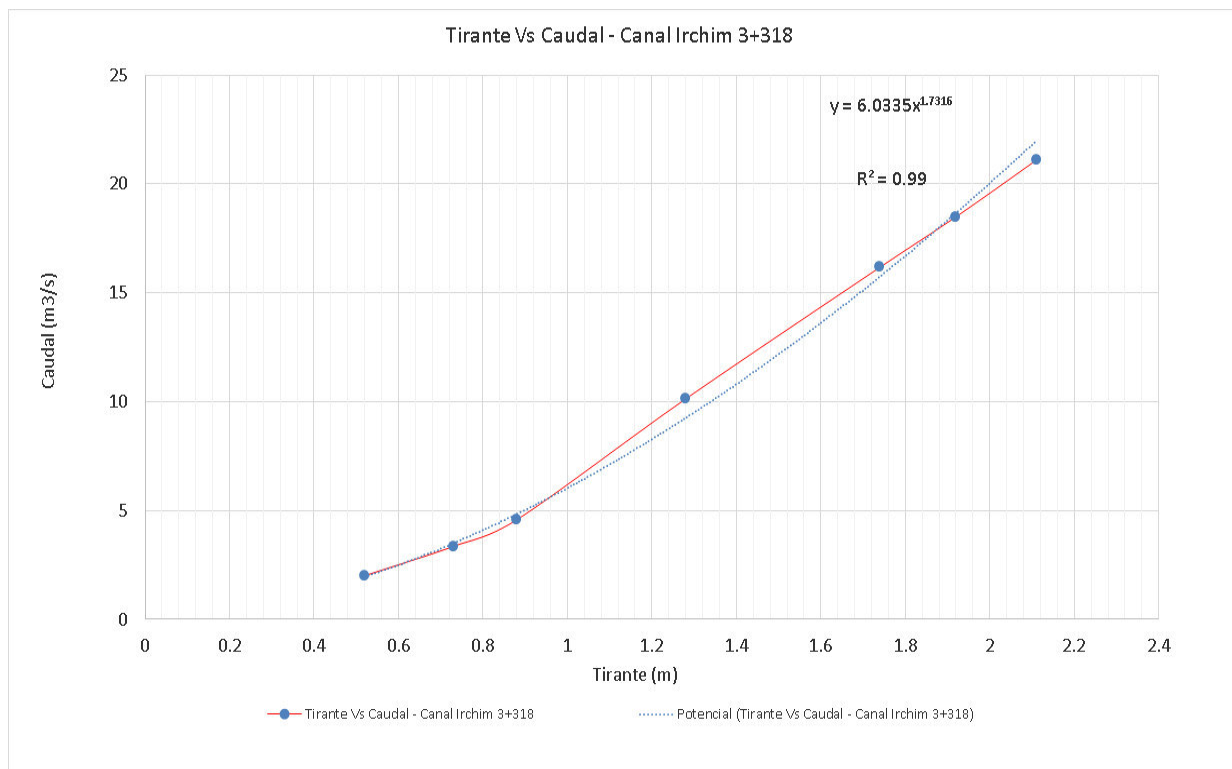
Cálculos:

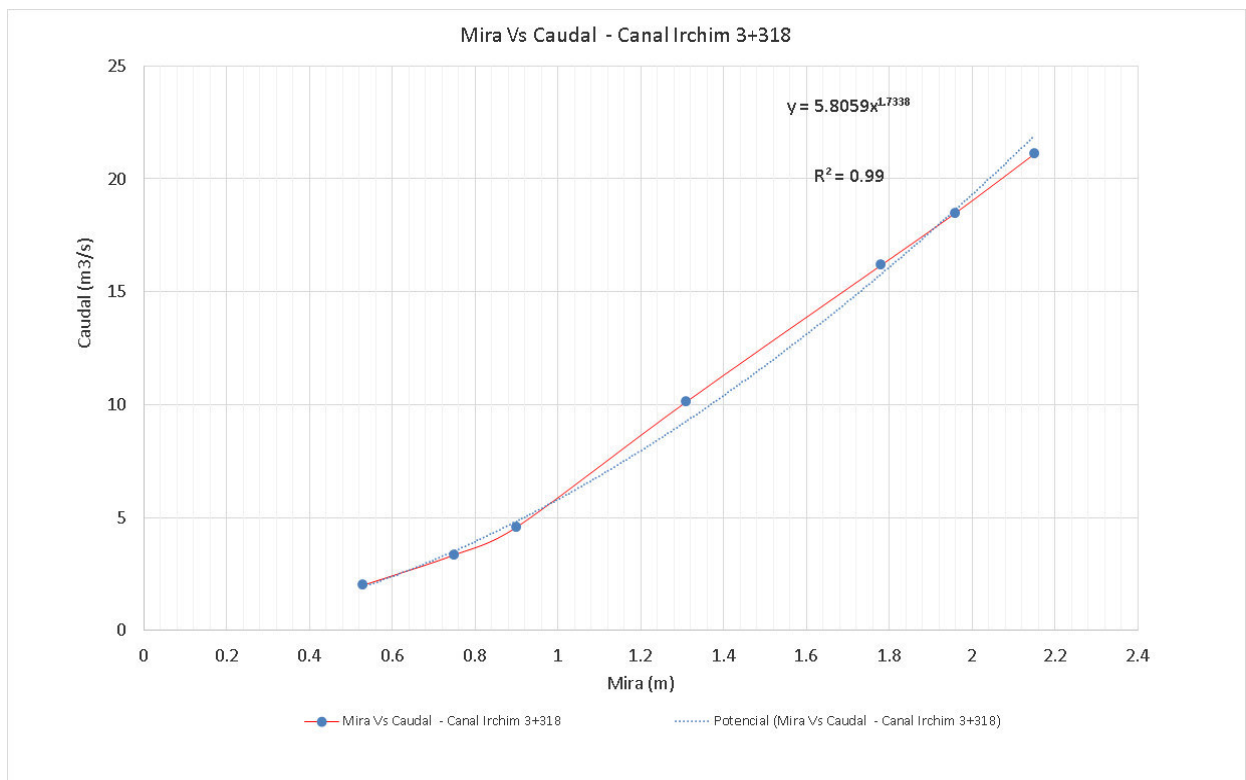
$T = 2 \cdot Y \cdot Z + B$ → Es el espejo

HOJA DE CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN LAS VELOCIDADES PROMEDIOS EN AFOROS

CORRENTÓMETRO : VALEPORT
FECHA : FEBRERO DEL 2.005

Trante(m) Y1	MIRA m	Z	B (m)	bi (m)	Espejo T=B+2bi	T/4 (m)	Areas (m ²)				Vprom. (m/s): Calculado por el correntómetro				Caudales Parciales				Qsección (m ³ /seg.)
							A1	A2	A3	A4	Vp1	Vp2	Vp3	Vp4	Qprom.1	Qprom.2	Qprom.3	Qprom.4	
0.52	0.53	0.2	3.8	0.898	4.008	1.002	0.494	0.521	0.521	0.494	1.525	0.881	0.624	1.161	0.75	0.35	0.32	0.57	2.01
0.73	0.75	0.2	3.8	0.877	4.092	1.023	0.694	0.747	0.747	0.694	1.419	0.689	0.782	1.830	0.98	0.51	0.58	1.27	3.35
0.88	0.9	0.2	3.8	0.862	4.152	1.038	0.836	0.913	0.913	0.836	1.839	0.911	0.920	1.637	1.54	0.83	0.84	1.37	4.58
1.28	1.31	0.2	3.8	0.822	4.312	1.078	1.216	1.380	1.380	1.216	2.219	2.106	1.840	1.632	2.70	2.91	2.54	1.98	10.13
1.74	1.78	0.2	3.8	0.776	4.496	1.124	1.653	1.956	1.956	1.653	2.575	2.371	2.141	1.872	4.26	4.64	4.19	3.09	16.17
1.92	1.96	0.2	3.8	0.758	4.568	1.142	1.824	2.193	2.193	1.824	2.554	2.439	2.234	1.967	4.66	5.35	4.90	3.59	18.49
2.11	2.15	0.2	3.8	0.739	4.644	1.161	2.005	2.450	2.450	2.005	2.754	2.480	2.265	1.970	5.52	6.08	5.55	3.95	21.09





RELACION MIRA Y CAUDAL DE AGUA EN CANAL IRCHIM KM 3 + 318

Q = 5.8059 M³/s

Q = Caudal (m³/s)

M = Lectura de Mira (m)

LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)
0.31	0.7621	0.61	2.4642	0.91	4.9301	1.21	8.0798	1.51	11.8626	1.81	16.2417	2.11	21.1890
0.32	0.8052	0.62	2.5347	0.92	5.0244	1.22	8.1960	1.52	11.9991	1.82	16.3976	2.12	21.3634
0.33	0.8493	0.63	2.6060	0.93	5.1195	1.23	8.3128	1.53	12.1363	1.83	16.5542	2.13	21.5384
0.34	0.8944	0.64	2.6781	0.94	5.2153	1.24	8.4303	1.54	12.2742	1.84	16.7113	2.14	21.7141
0.35	0.9405	0.65	2.7511	0.95	5.3119	1.25	8.5485	1.55	12.4127	1.85	16.8691	2.15	21.8903
0.36	0.9876	0.66	2.8248	0.96	5.4092	1.26	8.6675	1.56	12.5519	1.86	17.0275	2.16	22.0671
0.37	1.0357	0.67	2.8995	0.97	5.5072	1.27	8.7871	1.57	12.6917	1.87	17.1865	2.17	22.2445
0.38	1.0847	0.68	2.9749	0.98	5.6061	1.28	8.9074	1.58	12.8322	1.88	17.3462	2.18	22.4226
0.39	1.1346	0.69	3.0512	0.99	5.7056	1.29	9.0284	1.59	12.9733	1.89	17.5065	2.19	22.6012
0.4	1.1856	0.7	3.1282	1.00	5.8059	1.30	9.1501	1.60	13.1151	1.90	17.6674	2.20	22.7804
0.41	1.2374	0.71	3.2061	1.01	5.9069	1.31	9.2725	1.61	13.2576	1.91	17.8289	2.21	22.9603
0.42	1.2902	0.72	3.2848	1.02	6.0087	1.32	9.3955	1.62	13.4007	1.92	17.9911	2.22	23.1407
0.43	1.3439	0.73	3.3643	1.03	6.1112	1.33	9.5193	1.63	13.5444	1.93	18.1539	2.23	23.3217
0.44	1.3986	0.74	3.4446	1.04	6.2144	1.34	9.6437	1.64	13.6888	1.94	18.3172	2.24	23.5033
0.45	1.4542	0.75	3.5257	1.05	6.3184	1.35	9.7688	1.65	13.8339	1.95	18.4813	2.25	23.6856
0.46	1.5106	0.76	3.6076	1.06	6.4231	1.36	9.8946	1.66	13.9795	1.96	18.6459	2.26	23.8684
0.47	1.5680	0.77	3.6903	1.07	6.5285	1.37	10.0211	1.67	14.1259	1.97	18.8111	2.27	24.0518
0.48	1.6263	0.78	3.7738	1.08	6.6347	1.38	10.1483	1.68	14.2729	1.98	18.9770	2.28	24.2358
0.49	1.6855	0.79	3.8581	1.09	6.7415	1.39	10.2761	1.69	14.4205	1.99	19.1435	2.29	24.4204
0.5	1.7456	0.8	3.9432	1.10	6.8491	1.40	10.4046	1.70	14.5687	2.00	19.3106	2.30	24.6056
0.51	1.8066	0.81	4.0290	1.11	6.9575	1.41	10.5338	1.71	14.7176	2.01	19.4783	2.31	24.7913
0.52	1.8684	0.82	4.1157	1.12	7.0665	1.42	10.6637	1.72	14.8672	2.02	19.6466	2.32	24.9777
0.53	1.9312	0.83	4.2031	1.13	7.1762	1.43	10.7942	1.73	15.0174	2.03	19.8156	2.33	25.1647
0.54	1.9948	0.84	4.2913	1.14	7.2867	1.44	10.9254	1.74	15.1682	2.04	19.9851	2.34	25.3522
0.55	2.0593	0.85	4.3802	1.15	7.3979	1.45	11.0573	1.75	15.3197	2.05	20.1553	2.35	25.5404
0.56	2.1246	0.86	4.4700	1.16	7.5098	1.46	11.1899	1.76	15.4717	2.06	20.3260	2.36	25.7291
0.57	2.1908	0.87	4.5605	1.17	7.6224	1.47	11.3231	1.77	15.6245	2.07	20.4974	2.37	25.9184
0.58	2.2579	0.88	4.6517	1.18	7.7357	1.48	11.4570	1.78	15.7778	2.08	20.6694	2.38	26.1083
0.59	2.3258	0.89	4.7438	1.19	7.8497	1.49	11.5915	1.79	15.9318	2.09	20.8420	2.39	26.2988
0.6	2.3946	0.9	4.8365	1.20	7.9644	1.50	11.7267	1.80	16.0865	2.10	21.0152	2.40	26.4899

RELACION TIRANTE Y CAUDAL DE AGUA EN CANAL IRCHIM KM 3 + 318

Q = 6.0335 Y^{1.7316}

Q = Caudal (m³/s)

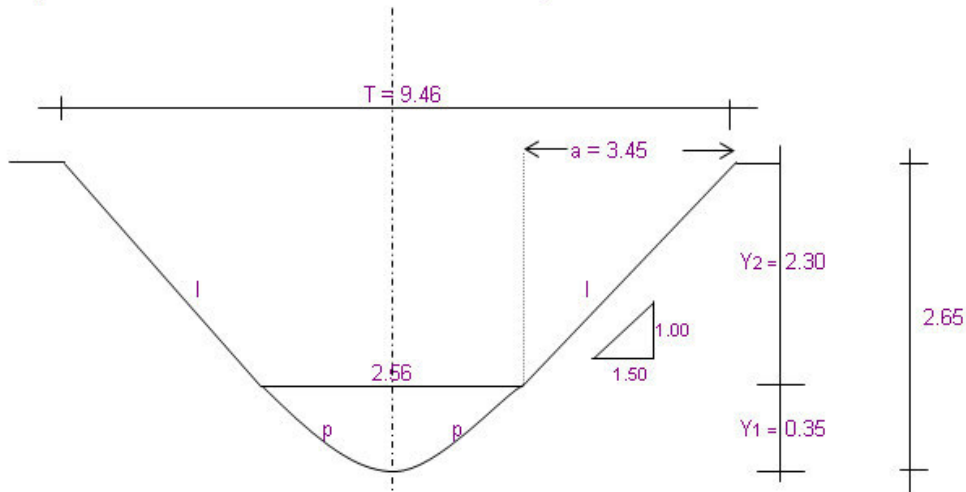
Y = Lectura de Tirante (m)

LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 3 + 318 (m ³ /s)
0.20	0.372	0.50	1.817	0.80	4.100	1.10	7.116	1.40	10.804	1.70	15.122	2.00	20.037	2.30	25.523
0.21	0.405	0.51	1.880	0.81	4.189	1.11	7.229	1.41	10.938	1.71	15.277	2.01	20.211	2.31	25.716
0.22	0.438	0.52	1.944	0.82	4.279	1.12	7.342	1.42	11.073	1.72	15.432	2.02	20.385	2.32	25.909
0.23	0.474	0.53	2.010	0.83	4.370	1.13	7.466	1.43	11.209	1.73	15.587	2.03	20.560	2.33	26.103
0.24	0.510	0.54	2.076	0.84	4.461	1.14	7.570	1.44	11.345	1.74	15.744	2.04	20.736	2.34	26.297
0.25	0.547	0.55	2.143	0.85	4.554	1.15	7.686	1.45	11.481	1.75	15.901	2.05	20.912	2.35	26.492
0.26	0.586	0.56	2.211	0.86	4.647	1.16	7.802	1.46	11.619	1.76	16.058	2.06	21.089	2.36	26.687
0.27	0.625	0.57	2.280	0.87	4.741	1.17	7.918	1.47	11.757	1.77	16.217	2.07	21.267	2.37	26.883
0.28	0.666	0.58	2.349	0.88	4.835	1.18	8.036	1.48	11.896	1.78	16.376	2.08	21.445	2.38	27.080
0.29	0.707	0.59	2.420	0.89	4.931	1.19	8.154	1.49	12.035	1.79	16.535	2.09	21.624	2.39	27.277
0.30	0.750	0.60	2.491	0.90	5.027	1.20	8.273	1.50	12.176	1.80	16.695	2.10	21.803	2.40	27.475
0.31	0.794	0.61	2.564	0.91	5.124	1.21	8.393	1.51	12.316	1.81	16.856	2.11	21.983	2.41	27.674
0.32	0.839	0.62	2.637	0.92	5.222	1.22	8.514	1.52	12.458	1.82	17.018	2.12	22.164	2.42	27.873
0.33	0.885	0.63	2.711	0.93	5.321	1.23	8.635	1.53	12.600	1.83	17.180	2.13	22.346	2.43	28.073
0.34	0.932	0.64	2.786	0.94	5.420	1.24	8.757	1.54	12.743	1.84	17.343	2.14	22.528	2.44	28.273
0.35	0.980	0.65	2.862	0.95	5.521	1.25	8.879	1.55	12.887	1.85	17.507	2.15	22.710	2.45	28.474
0.36	1.029	0.66	2.938	0.96	5.622	1.26	9.003	1.56	13.031	1.86	17.671	2.16	22.893	2.46	28.676
0.37	1.079	0.67	3.016	0.97	5.724	1.27	9.127	1.57	13.176	1.87	17.836	2.17	23.077	2.47	28.878
0.38	1.130	0.68	3.094	0.98	5.826	1.28	9.252	1.58	13.322	1.88	18.001	2.18	23.262	2.48	29.080
0.39	1.182	0.69	3.173	0.99	5.929	1.29	9.377	1.59	13.468	1.89	18.167	2.19	23.447	2.49	29.284
0.40	1.235	0.70	3.253	1.00	6.034	1.30	9.503	1.60	13.615	1.90	18.334	2.20	23.632	2.50	29.488
0.41	1.288	0.71	3.334	1.01	6.138	1.31	9.630	1.61	13.763	1.91	18.501	2.21	23.819	2.51	29.692
0.42	1.343	0.72	3.416	1.02	6.244	1.32	9.758	1.62	13.911	1.92	18.670	2.22	24.006	2.52	29.897
0.43	1.399	0.73	3.499	1.03	6.350	1.33	9.886	1.63	14.060	1.93	18.838	2.23	24.193	2.53	30.103
0.44	1.456	0.74	3.582	1.04	6.457	1.34	10.015	1.64	14.210	1.94	19.008	2.24	24.381	2.54	30.310
0.45	1.514	0.75	3.666	1.05	6.565	1.35	10.145	1.65	14.360	1.95	19.178	2.25	24.570	2.55	30.516
0.46	1.573	0.76	3.751	1.06	6.674	1.36	10.276	1.66	14.511	1.96	19.348	2.26	24.760	2.56	30.724
0.47	1.632	0.77	3.837	1.07	6.783	1.37	10.407	1.67	14.663	1.97	19.519	2.27	24.950	2.57	30.932
0.48	1.693	0.78	3.924	1.08	6.894	1.38	10.539	1.68	14.815	1.98	19.691	2.28	25.140	2.58	31.141
0.49	1.754	0.79	4.011	1.09	7.004	1.39	10.671	1.69	14.968	1.99	19.864	2.29	25.331	2.59	31.350

ANEXO 6

CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA CASMA
SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM. 60+340

Replanteo de sección realizado en el mes de Abril del 2,005



Características Geométricas Medidos en el Campo:

- $I = 4.15 \text{ m.}$ → Es la medida del muro del canal de sección trapezoidal
- $p = 1.35 \text{ m.}$ → Es la medida del semiperímetro de la sección parabólica.
- $y_1 = 0.35 \text{ m.}$ → Es la medida de la altura o tirante de agua en la sección parabólica.
- $B = 2.56 \text{ m.}$ → Es la medida del espejo de agua para la altura o tirante máxima en la sección parabólica.
- $Z = 1.50$
- $T = 9.46 \text{ m.}$ → Es la medida de la boca máxima de la sección para una altura máxima de sección

Cálculos:

$I + p = 4.15 + 1.35 = 5.50 \text{ m}$ → Es el semiperímetro de la sección total del canal

$p = [B + 8 \cdot (y_1)^2 / 3B] / 2 = [2.56 + (8 \cdot 0.35^2 / 3 \cdot 2.56)] / 2 = 1.344 \text{ m.}$

$$\begin{aligned}
 \text{tg} \phi &= 1/1.5 = 0.666666 \\
 \phi &= \text{arc. Tg. } 0.666666 = 33.69006753 \\
 \text{Sen} \phi &= y_2 / 4.15 \rightarrow y_2 = 4.15 \cdot \text{Sen } 33.69006753 = 2.30 \text{ m.} \\
 a &= z \cdot y_2 = 1.5 \cdot 2.30 = 3.45 \text{ m.} \\
 T &= 2.45 \cdot 2 + 2.56 = 9.46 \text{ m} \quad (O.K)
 \end{aligned}$$

$B/2 = 2.56/2 = 1.28 \text{ m.}$

Cálculo de la Ecuación de la parábola:

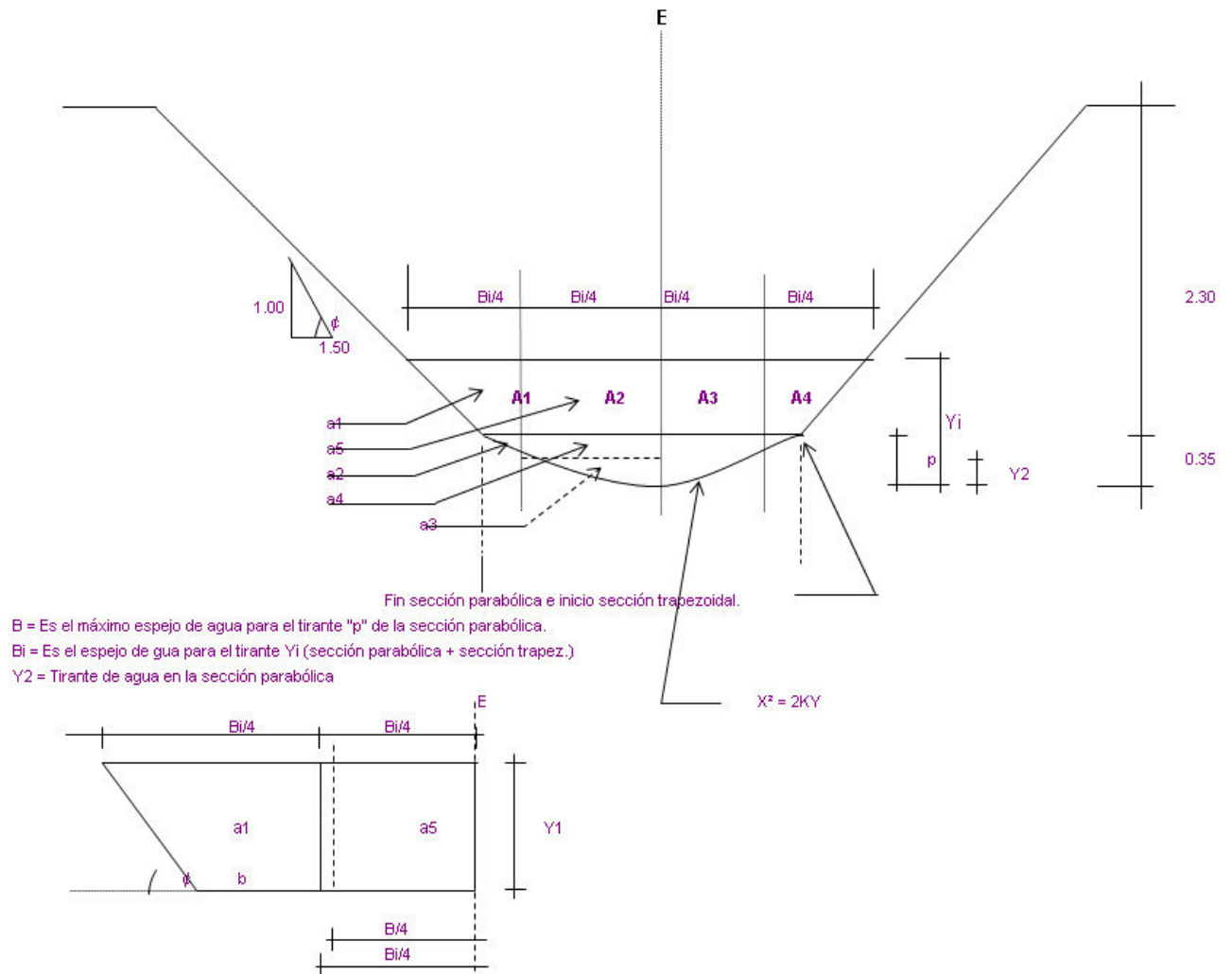
$X^2 = 2KY$

$1.28^2 = 2K(0.35) \rightarrow K = 2.34057$

$X^2 = 2 \cdot 2.34057 \cdot Y$

$X^2 = 4.681143 Y$

SECCIÓN DEL CANAL PRINCIPAL CASCAJAL NEPEÑA CASMA EN KM. 60+340
ESTACIÓN LIMNIMÉTRICA KM. 60+340



$$a1 = (Base\ mayor + Base\ menor)/2 * Y1$$

$$b = B/2 - Bi/4 = (2B - Bi) / 4$$

$$a1 = (Bi/4 + (2B - Bi)/4) / 2 * Y1$$

$$a1 = B/4 * (Yi - p)$$

Para calcular el a2, tenemos que calcular el área de la semiparábola y luego restar las áreas (a3 + a4)

$$Asemi\ paráb. = ((2/3) B * p)/2 = (1/3) * B * p$$

Para hallar el a3, se tiene que conocer la Ecaución de la parábola.

$$X^2 = 2KY$$

$$\text{Sabemos que: } x = B/2 \text{ para } Y = p$$



Calculamos "K"

$$\text{Reemplazando valores: } (B/2)^2 = 2K * p$$



$$K = B^2 / 8p$$

$$\text{Sabemos que: } x = Bi/4 \text{ para } Y = Y2$$



Calculamos "K"

$$\text{Reemplazando valores: } (Bi/4)^2 = 2K * Y2$$

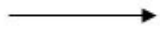


$$Y2 = Bi^2 * p / 4B^2$$

a3 = Área de la semiparábola para un Y = Y2 y un X = Bi/4

$$a3 = ((2/3) (Bi/2) * Y2) / 2$$

$$a3 = (2/3) (Bi/2) * Bi^2 * p / 4B^2$$



$$a3 = Bi^3 * p / 24B^2$$

$$a4 = (Bi/4) (p - Y2)$$

$$a4 = (Bi/4) (p - Bi^2 * p / 4B^2)$$

$$a4 = Bi * p / 4 - Bi^3 * p / 16B^2$$



$$a4 = Bi * p / 4 - Bi^3 * p / 16B^2$$

$$a2 = Asemi\ paráb. - a3 - a4$$

$$a2 = (1/3) (B * p) - Bi^3 * p / 24B^2 - (Bi * p / 4) (1 - Bi^2 / 4B^2)$$

$$a2 = B * p / 3 - Bi^3 * p / 24B^2 - Bi * p / 4 + Bi^3 * p / 16B^2$$

$$a2 = B * p / 3 - (Bi^3 * p / B^2) (3 - 2) / 48 - Bi * p / 4$$

$$a2 = B * p / 3 - Bi * p / 4 + Bi^3 * p / 48B^2$$

$$A1 = a1 + a2$$

$$A1 = B/4 (Yi - p) + B * p / 3 - Bi * p / 4 + Bi^3 * p / 48B^2$$

$$A1 = BYi/4 - B * p / 4 + B * p / 3 - Bi * p / 4 + Bi^3 * p / 48B^2$$

$$A1 = BYi / 4 + B * p / 12 - Bi * p / 4 + Bi^3 * p / 48B^2$$

$$A2 = a5 + a4 + a3$$

$$a5 = (Bi/4) * (Yi - p)$$

$$A2 = (Bi/4) (Yi - p) + Bi * p / 4 - Bi^3 * p / 16B^2 + Bi^3 * p / 24B^2$$

$$A2 = Bi * Yi / 4 - (Bi * p / 4B^2) (6 - 4) / 24$$

$$A2 = (Bi * Yi / 4 - Bi^3 * p / 48B^2)$$

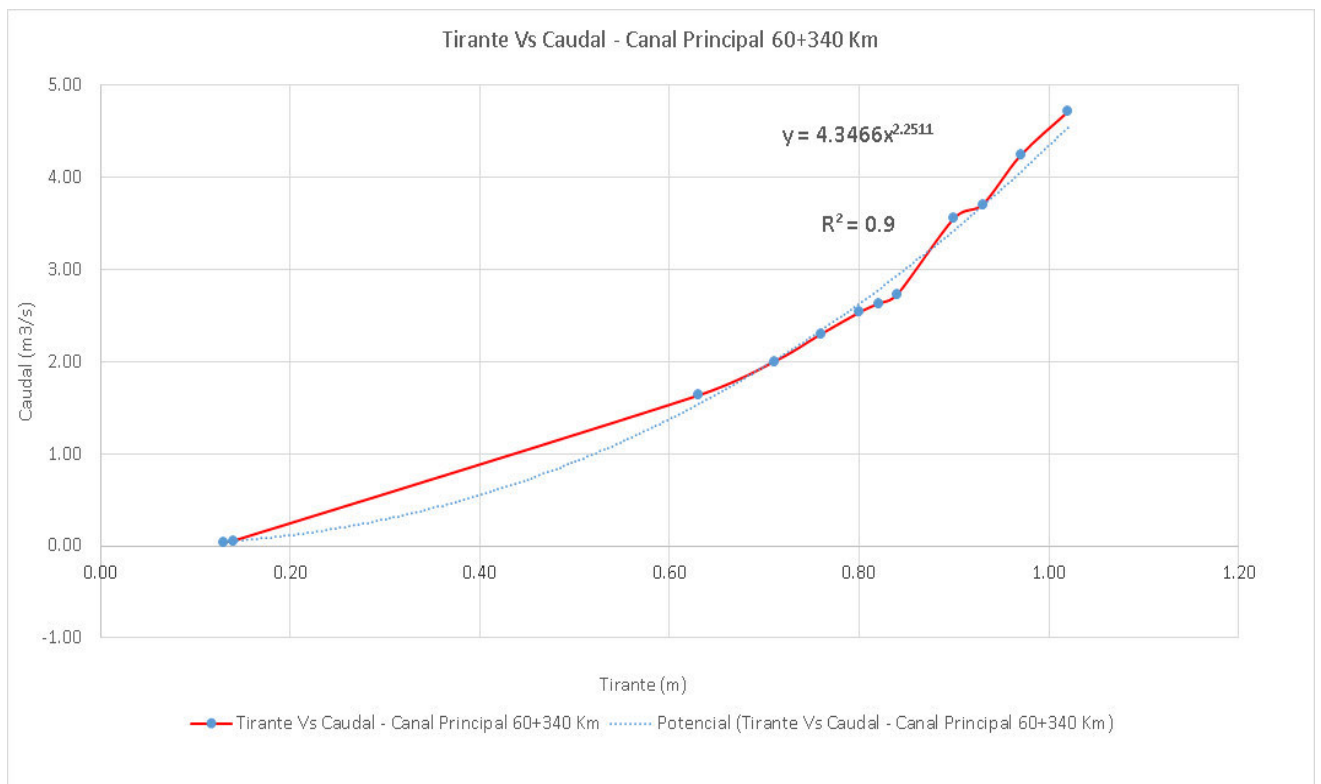
$$A2 = Bi * Yi / 4 - Bi^3 * p / 48B^2$$

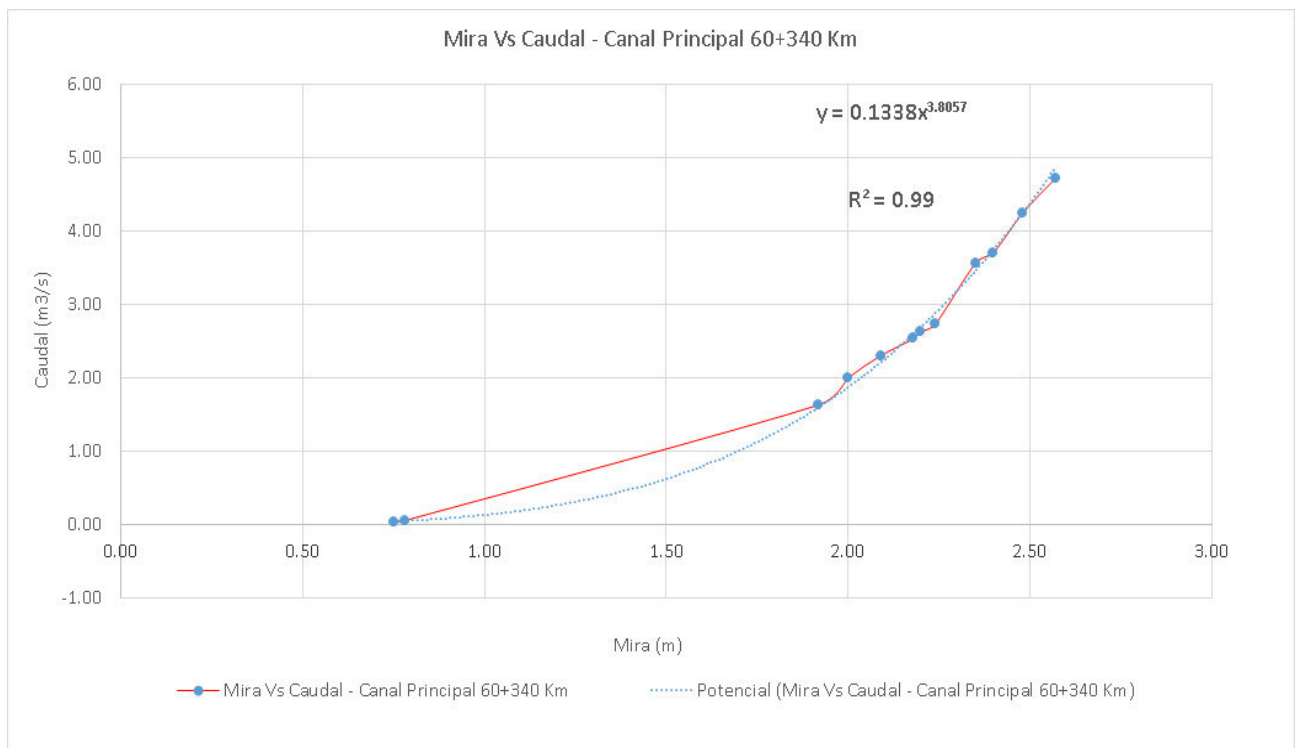
Ahora: A1 = A4 y A2 = A3

HOJA DE CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN LAS VELOCIDADES PROMEDIOS EN AFOROS

CORRENTÓMETRO : VALEPORT
FECHA : ABRIL DEL 2,005

Tirante(m)			MIRA (m)	Z (m)	B (m)	bi (m)	Espejo Bi=B+2bi (m)	Bi/4 (m)	Áreas (m²)				Vprom.(m/s): Calculado por el correntómetro				Caudales Parciales (m³/seg.)				Qsección (m³/seg.)
Y1	Y2	Yi							A1	A2	A3	A4	Vp1	Vp2	Vp3	Vp4	Qprom.1	Qprom.2	Qprom.3	Qprom.4	
		0.13	0.75				1.56			0.068	0.068			0.310	0.300			0.02	0.02		0.04
		0.14	0.78				1.62			0.076	0.076			0.370	0.370			0.03	0.03		0.06
0.35	0.28	0.63	1.92	1.5	2.56	0.42	3.40	0.85	0.224	0.492	0.492	0.224	1.130	1.193	1.157	1.000	0.25	0.59	0.57	0.22	1.63
0.35	0.36	0.71	2.00	1.5	2.56	0.54	3.64	0.91	0.264	0.592	0.592	0.264	1.150	1.180	1.205	1.070	0.30	0.70	0.71	0.28	2.00
0.35	0.41	0.76	2.09	1.5	2.56	0.62	3.79	0.95	0.290	0.660	0.660	0.290	1.054	1.259	1.296	1.072	0.31	0.83	0.85	0.31	2.30
0.35	0.45	0.80	2.18	1.5	2.56	0.68	3.91	0.98	0.311	0.715	0.715	0.311	1.160	1.260	1.300	1.100	0.36	0.90	0.93	0.34	2.53
0.35	0.47	0.82	2.20	1.5	2.56	0.71	3.97	0.99	0.322	0.744	0.744	0.322	1.155	1.260	1.301	1.101	0.37	0.94	0.97	0.35	2.63
0.35	0.49	0.84	2.24	1.5	2.56	0.74	4.03	1.01	0.332	0.773	0.773	0.332	1.155	1.260	1.301	1.101	0.38	0.97	1.01	0.37	2.73
0.35	0.55	0.90	2.35	1.5	2.56	0.83	4.21	1.05	0.365	0.864	0.864	0.365	1.490	1.466	1.445	1.362	0.54	1.27	1.25	0.50	3.56
0.35	0.58	0.93	2.40	1.5	2.56	0.87	4.30	1.08	0.382	0.911	0.911	0.382	1.448	1.433	1.427	1.430	0.55	1.31	1.30	0.55	3.71
0.35	0.62	0.97	2.48	1.5	2.56	0.93	4.42	1.11	0.405	0.976	0.976	0.405	1.454	1.522	1.644	1.388	0.59	1.49	1.60	0.56	4.24
0.35	0.67	1.02	2.57	1.5	2.56	1.01	4.57	1.14	0.434	1.059	1.059	0.434	1.560	1.610	1.580	1.520	0.68	1.71	1.67	0.66	4.71





RELACION MIRA CAUDAL EN EL CANAL PRINCIPAL KM 60 + 340

Q = 0.1338 M³.8057

Q = Caudal (m3/s)

M = Lectura de Mira (m)

LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)
0.70	0.0344	1.04	0.1553	1.38	0.4558	1.72	1.0539	2.06	2.0938	2.4	3.7448	2.74	6.2002
0.71	0.0363	1.05	0.1611	1.39	0.4685	1.73	1.0774	2.07	2.1328	2.41	3.8045	2.75	6.2867
0.72	0.0383	1.06	0.1670	1.4	0.4815	1.74	1.1013	2.08	2.1722	2.42	3.8649	2.76	6.3742
0.73	0.0404	1.07	0.1731	1.41	0.4947	1.75	1.1256	2.09	2.2123	2.43	3.9261	2.77	6.4625
0.74	0.0425	1.08	0.1793	1.42	0.5082	1.76	1.1503	2.1	2.2528	2.44	3.9879	2.78	6.5518
0.75	0.0448	1.09	0.1857	1.43	0.5219	1.77	1.1754	2.11	2.2939	2.45	4.0505	2.79	6.6419
0.76	0.0471	1.1	0.1923	1.44	0.5360	1.78	1.2008	2.12	2.3356	2.46	4.1137	2.8	6.7330
0.77	0.0495	1.11	0.1990	1.45	0.5503	1.79	1.2267	2.13	2.3778	2.47	4.1778	2.81	6.8249
0.78	0.0520	1.12	0.2060	1.46	0.5649	1.8	1.2530	2.14	2.4205	2.48	4.2425	2.82	6.9178
0.79	0.0546	1.13	0.2130	1.47	0.5797	1.81	1.2797	2.15	2.4639	2.49	4.3080	2.83	7.0116
0.80	0.0572	1.14	0.2203	1.48	0.5949	1.82	1.3068	2.16	2.5078	2.5	4.3742	2.84	7.1064
0.81	0.0600	1.15	0.2277	1.49	0.6103	1.83	1.3343	2.17	2.5522	2.51	4.4411	2.85	7.2021
0.82	0.0629	1.16	0.2354	1.5	0.6260	1.84	1.3623	2.18	2.5973	2.52	4.5089	2.86	7.2987
0.83	0.0658	1.17	0.2432	1.51	0.6421	1.85	1.3907	2.19	2.6429	2.53	4.5773	2.87	7.3963
0.84	0.0689	1.18	0.2512	1.52	0.6584	1.86	1.4195	2.2	2.6891	2.54	4.6466	2.88	7.4949
0.85	0.0721	1.19	0.2594	1.53	0.6751	1.87	1.4488	2.21	2.7360	2.55	4.7166	2.89	7.5944
0.86	0.0754	1.2	0.2678	1.54	0.6920	1.88	1.4785	2.22	2.7834	2.56	4.7873	2.9	7.6949
0.87	0.0788	1.21	0.2764	1.55	0.7093	1.89	1.5086	2.23	2.8314	2.57	4.8589	2.91	7.7964
0.88	0.0823	1.22	0.2852	1.56	0.7268	1.9	1.5392	2.24	2.8800	2.58	4.9313	2.92	7.8988
0.89	0.0859	1.23	0.2942	1.57	0.7447	1.91	1.5703	2.25	2.9293	2.59	5.0044	2.93	8.0023
0.90	0.0896	1.24	0.3034	1.58	0.7629	1.92	1.6018	2.26	2.9791	2.6	5.0783	2.94	8.1067
0.91	0.0935	1.25	0.3128	1.59	0.7815	1.93	1.6338	2.27	3.0296	2.61	5.1531	2.95	8.2122
0.92	0.0974	1.26	0.3224	1.6	0.8003	1.94	1.6663	2.28	3.0807	2.62	5.2286	2.96	8.3186
0.93	0.1015	1.27	0.3323	1.61	0.8195	1.95	1.6992	2.29	3.1324	2.63	5.3050	2.97	8.4261
0.94	0.1057	1.28	0.3423	1.62	0.8391	1.96	1.7326	2.3	3.1848	2.64	5.3821	2.98	8.5346
0.95	0.1101	1.29	0.3526	1.63	0.8590	1.97	1.7665	2.31	3.2378	2.65	5.4601	2.99	8.6441
0.96	0.1145	1.3	0.3632	1.64	0.8792	1.98	1.8008	2.32	3.2915	2.66	5.5390	3	8.7546
0.97	0.1192	1.31	0.3739	1.65	0.8998	1.99	1.8357	2.33	3.3458	2.67	5.6186	3.01	8.8662
0.98	0.1239	1.32	0.3849	1.66	0.9207	2	1.8711	2.34	3.4008	2.68	5.6991	3.02	8.9788
0.99	0.1288	1.33	0.3961	1.67	0.9420	2.01	1.9069	2.35	3.4564	2.69	5.7805	3.03	9.0925
1.00	0.1338	1.34	0.4075	1.68	0.9636	2.02	1.9433	2.36	3.5128	2.7	5.8627	3.04	9.2072
1.01	0.1390	1.35	0.4192	1.69	0.9857	2.03	1.9801	2.37	3.5697	2.71	5.9458	3.05	9.3230
1.02	0.1443	1.36	0.4312	1.7	1.0080	2.04	2.0175	2.38	3.6274	2.72	6.0297	3.06	9.4399
1.03	0.1497	1.37	0.4434	1.71	1.0308	2.05	2.0554	2.39	3.6857	2.73	6.1145	3.07	9.5578

RELACION TIRANTE CAUDAL EN EL CANAL PRINCIPAL KM 60 + 340

Q = 4.3466 Y^{2.2511}

Q = Caudal (m3/s)

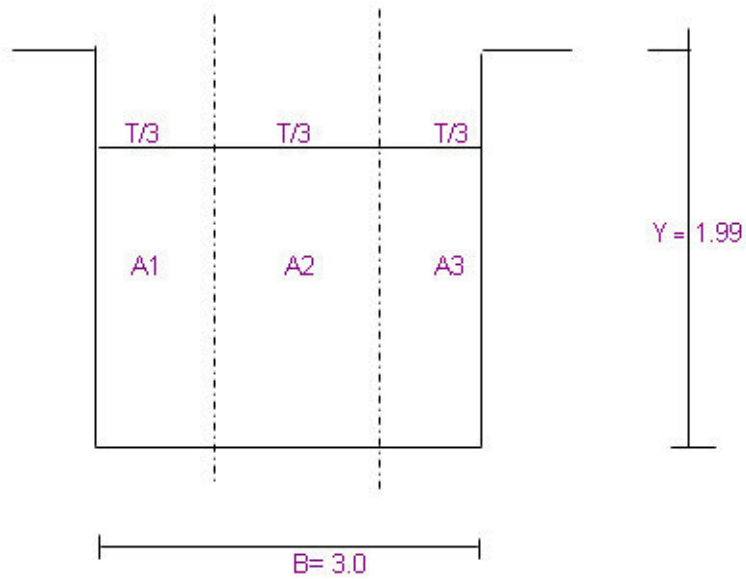
Y = Lectura de Tirante (m)

LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 60 + 340 (m3/s)
0.10	0.0244	0.440	0.685	0.78	2.485	1.12	5.610	1.46	10.189
0.11	0.0302	0.450	0.720	0.79	2.557	1.13	5.723	1.47	10.347
0.12	0.0368	0.460	0.757	0.80	2.630	1.14	5.838	1.48	10.506
0.13	0.0440	0.470	0.794	0.81	2.705	1.15	5.954	1.49	10.666
0.14	0.0520	0.480	0.833	0.82	2.781	1.16	6.071	1.50	10.828
0.15	0.0607	0.490	0.872	0.83	2.858	1.17	6.189	1.51	10.991
0.16	0.0702	0.500	0.913	0.84	2.936	1.18	6.309	1.52	11.156
0.17	0.0805	0.510	0.955	0.85	3.015	1.19	6.430	1.53	11.322
0.18	0.0916	0.520	0.997	0.86	3.095	1.20	6.552	1.54	11.489
0.19	0.1034	0.530	1.041	0.87	3.177	1.21	6.676	1.55	11.657
0.20	0.1161	0.540	1.086	0.88	3.260	1.22	6.801	1.56	11.827
0.21	0.1295	0.550	1.132	0.89	3.344	1.23	6.927	1.57	11.999
0.22	0.1438	0.560	1.178	0.90	3.429	1.24	7.054	1.58	12.172
0.23	0.1590	0.570	1.226	0.91	3.515	1.25	7.183	1.59	12.346
0.24	0.1750	0.580	1.275	0.92	3.603	1.26	7.313	1.60	12.521
0.25	0.1918	0.590	1.325	0.93	3.691	1.27	7.444	1.61	12.698
0.26	0.2095	0.600	1.376	0.94	3.781	1.28	7.577	1.62	12.876
0.27	0.2281	0.610	1.429	0.95	3.873	1.29	7.711	1.63	13.056
0.28	0.2475	0.620	1.482	0.96	3.965	1.30	7.846	1.64	13.237
0.29	0.2679	0.630	1.536	0.97	4.059	1.31	7.983	1.65	13.419
0.30	0.2891	0.640	1.592	0.98	4.153	1.32	8.120	1.66	13.603
0.31	0.3113	0.650	1.648	0.99	4.249	1.33	8.259	1.67	13.788
0.32	0.3343	0.660	1.706	1.00	4.347	1.34	8.400	1.68	13.975
0.33	0.3583	0.670	1.765	1.01	4.445	1.35	8.542	1.69	14.163
0.34	0.3832	0.680	1.824	1.02	4.545	1.36	8.685	1.70	14.352
0.35	0.4091	0.690	1.885	1.03	4.646	1.37	8.829	1.71	14.543
0.36	0.4359	0.700	1.947	1.04	4.748	1.38	8.975	1.72	14.735
0.37	0.4636	0.710	2.011	1.05	4.851	1.39	9.122	1.73	14.928
0.38	0.4923	0.720	2.075	1.06	4.956	1.40	9.270	1.74	15.123
0.39	0.5219	0.730	2.140	1.07	5.062	1.41	9.420	1.75	15.320
0.40	0.5525	0.740	2.207	1.08	5.169	1.42	9.571	1.76	15.518
0.41	0.5841	0.750	2.275	1.09	5.277	1.43	9.724	1.77	15.717
0.42	0.6167	0.760	2.343	1.10	5.387	1.44	9.877	1.78	15.917
0.43	0.6502	0.770	2.413	1.11	5.498	1.45	10.032	1.79	16.119

ANEXO 7

CANAL CARLOS LEIGHT KM 0 + 200
SECCIÓN EN LA PROGRESIVA KM. 0+200

Replanteo de sección realizado en el mes de Abril del 2,005



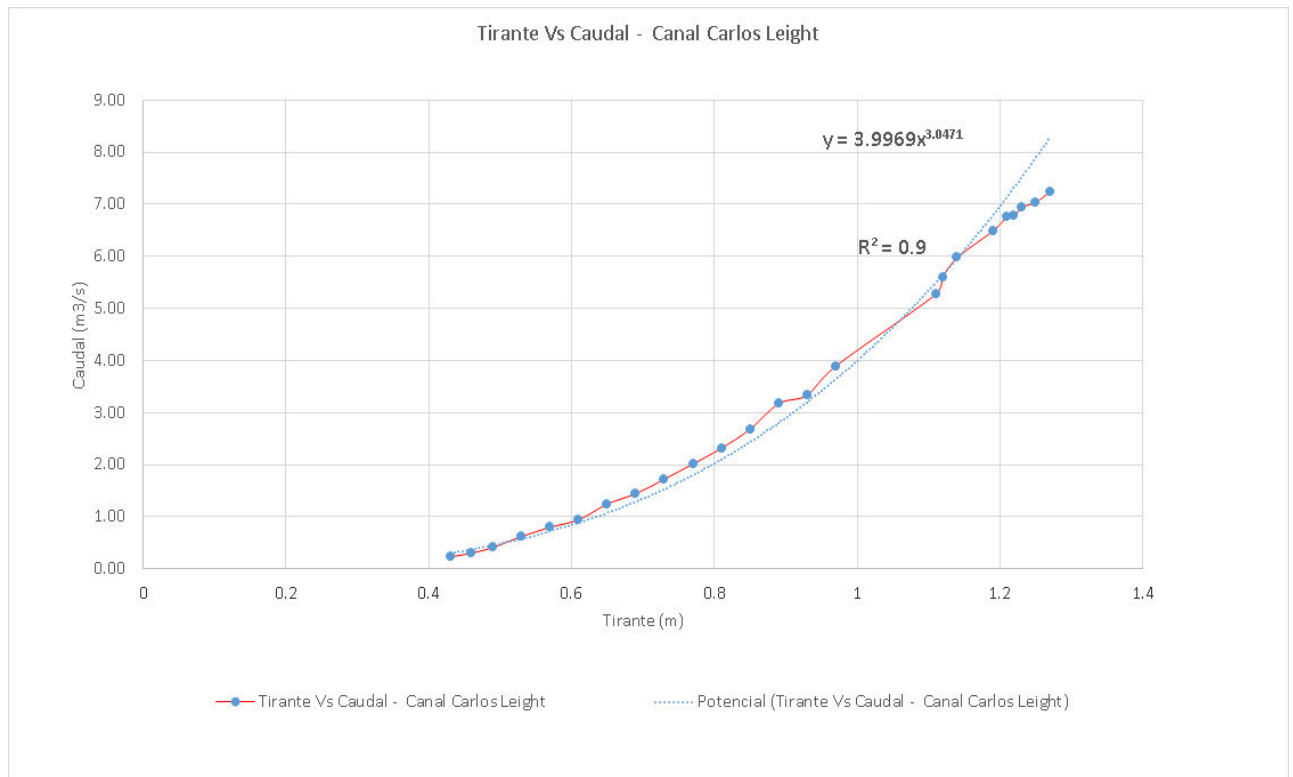
Características Geométricas Medidos en el Campo:

$T/3$	→	Es la medida tercera parte del espejo de agua
B	→	Es la medida de la base del canal
Y	→	Es la medida del tirante de agua
T	→	Es la medida del espejo del agua

HOJA DE CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN LAS VELOCIDADES PROMEDIOS EN AFOROS

CORRENTÓMETRO : VALEPORT
FECHA : FEBRERO DEL 2,005

Tirante(m) Y1	B (m)	Espejo T=B	T/3 (m)	Areas (m²)			Vprom.(m/s): Calculado por el correntómetro			Caudales Parciales (m³/seg.)			Qsección (m³/seg.)
				A1	A2	A3	Vp1	Vp2	Vp3	Qprom.1	Qprom.2	Qprom.3	
0.43	3	3	1	0.430	0.430	0.430	0.13	0.23	0.18	0.05	0.10	0.08	0.23
0.46	3	3	1	0.460	0.460	0.460	0.16	0.27	0.22	0.07	0.13	0.10	0.30
0.49	3	3	1	0.490	0.490	0.490	0.22	0.33	0.29	0.11	0.16	0.14	0.41
0.53	3	3	1	0.530	0.530	0.530	0.33	0.44	0.40	0.18	0.23	0.21	0.62
0.57	3	3	1	0.570	0.570	0.570	0.43	0.49	0.48	0.25	0.28	0.27	0.80
0.61	3	3	1	0.610	0.610	0.610	0.45	0.57	0.52	0.28	0.35	0.32	0.94
0.65	3	3	1	0.650	0.650	0.650	0.60	0.68	0.64	0.39	0.44	0.41	1.25
0.69	3	3	1	0.690	0.690	0.690	0.68	0.76	0.65	0.47	0.52	0.45	1.44
0.73	3	3	1	0.730	0.730	0.730	0.76	0.84	0.75	0.56	0.62	0.55	1.72
0.77	3	3	1	0.770	0.770	0.770	0.89	0.90	0.83	0.68	0.69	0.64	2.02
0.81	3	3	1	0.810	0.810	0.810	0.98	0.95	0.93	0.79	0.77	0.75	2.32
0.85	3	3	1	0.850	0.850	0.850	1.10	0.97	1.08	0.94	0.83	0.92	2.68
0.89	3	3	1	0.890	0.890	0.890	1.23	1.12	1.22	1.09	0.99	1.09	3.17
0.93	3	3	1	0.930	0.930	0.930	1.25	1.12	1.22	1.16	1.04	1.13	3.34
0.97	3	3	1	0.970	0.970	0.970	1.38	1.28	1.36	1.34	1.24	1.32	3.89
1.11	3	3	1	1.110	1.110	1.110	1.57	1.61	1.57	1.74	1.79	1.74	5.27
1.12	3	3	1	1.120	1.120	1.120	1.66	1.68	1.66	1.86	1.88	1.86	5.60
1.14	3	3	1	1.140	1.140	1.140	1.69	1.78	1.77	1.93	2.03	2.02	5.97
1.19	3	3	1	1.190	1.190	1.190	1.79	1.84	1.82	2.13	2.19	2.17	6.49
1.21	3	3	1	1.210	1.210	1.210	1.84	1.91	1.83	2.23	2.31	2.21	6.75
1.22	3	3	1	1.220	1.220	1.220	1.83	1.89	1.83	2.23	2.31	2.23	6.77
1.23	3	3	1	1.230	1.230	1.230	1.88	1.90	1.86	2.31	2.34	2.29	6.94
1.25	3	3	1	1.250	1.250	1.250	1.85	1.91	1.87	2.31	2.39	2.34	7.04
1.27	3	3	1	1.270	1.270	1.270	1.89	1.93	1.88	2.40	2.45	2.39	7.24



RELACION MIRA Y CAUDAL DE AGUA EN CANAL CARLOS LEIGHT KM 0 + 200

$$Q = 3.9969 M^{3.0471}$$

Q = Caudal (m3/s)

M = Lectura de Mira (m)

LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)	LECTURA DE MIRA (m)	CAUDAL ESTACION DE CONTROL KM 0 + 200 (m3/s)
0.10	0.00	0.51	0.51	0.92	3.10
0.11	0.00	0.52	0.54	0.93	3.20
0.12	0.00	0.53	0.58	0.94	3.31
0.13	0.00	0.54	0.61	0.95	3.42
0.14	0.00	0.55	0.65	0.96	3.53
0.15	0.00	0.56	0.68	0.97	3.64
0.16	0.00	0.57	0.72	0.98	3.76
0.17	0.00	0.58	0.76	0.99	3.88
0.18	0.00	0.59	0.80	1.00	4.00
0.19	0.00	0.60	0.84	1.01	4.12
0.20	0.00	0.61	0.89	1.02	4.25
0.21	0.00	0.62	0.93	1.03	4.37
0.22	0.00	0.63	0.98	1.04	4.50
0.23	0.00	0.64	1.03	1.05	4.64
0.24	0.00	0.65	1.08	1.06	4.77
0.25	0.00	0.66	1.13	1.07	4.91
0.26	0.00	0.67	1.18	1.08	5.05
0.27	0.00	0.68	1.23	1.09	5.20
0.28	0.00	0.69	1.29	1.10	5.34
0.29	0.00	0.70	1.35	1.11	5.49
0.30	0.00	0.71	1.41	1.12	5.65
0.31	0.00	0.72	1.47	1.13	5.80
0.32	0.00	0.73	1.53	1.14	5.96
0.33	0.00	0.74	1.60	1.15	6.12
0.34	0.00	0.75	1.66	1.16	6.28
0.35	0.00	0.76	1.73	1.17	6.45
0.36	0.00	0.77	1.80	1.18	6.62
0.37	0.00	0.78	1.87	1.19	6.79
0.38	0.00	0.79	1.95	1.20	6.97
0.39	0.00	0.80	2.03	1.21	7.14
0.40	0.24	0.81	2.10	1.22	7.33
0.41	0.26	0.82	2.18	1.23	7.51
0.42	0.28	0.83	2.27	1.24	7.70
0.43	0.31	0.84	2.35	1.25	7.89
0.44	0.33	0.85	2.44	1.26	8.08
0.45	0.35	0.86	2.52	1.27	8.28
0.46	0.38	0.87	2.61	1.28	8.48
0.47	0.40	0.88	2.71	1.29	8.68
0.48	0.43	0.89	2.80	1.30	8.89
0.49	0.45	0.90	2.90	1.31	9.10
0.50	0.48	0.91	3.00	1.32	9.31

NOTA : Los valores de Caudal empiezan con una Mira de 0.40 m debido a que desde el fondo se eleva un muro de 0.30 m

ANEXO 8

VALEPORT LIMITED

**"BRAYSTOKE" BFM001 & BFM002
CURRENT FLOW METERS**

**Operating Manual For Use With
Model 0012B Control Display Unit**

Document Ref. : 0001801a.doc

Date : 30th June 1996

This confidential document was prepared by the staff of Valeport Limited, the Company, and is the property of the Company, which also owns the copyright therein. All rights conferred by the law of copyright and by virtue of international copyright conventions are reserved to the Company. This document must not be copied, reprinted or reproduced in any material form, either wholly or in part, and the contents of this document, and any other method or technique available therefrom, must not be disclosed to any other person whatsoever without the prior written consent of the Company.

Valeport Limited,
St Peters Quay,
TOTNES,
Devon,
TQ9 5EW,
UK.

Tel: +44(0)1803 869292
Fax: +44(0)1803 869293
e-mail: sales@valeport.co.uk
Web: <http://www.valeport.co.uk>

As part of our policy of continuous development, we reserve the right to alter, without prior notice, all specifications, designs, prices and conditions of supply for all our equipment.

Copyright ©1996

CONTENTS		Page
1	DESIGN & CONFIGURATION	4
1.1	Basic Design	4
1.2	Operational Use	4
2	ASSEMBLY INSTRUCTIONS	5
2.1	Wading Set	5
2.2	Suspension Set	5
3	MAINTENANCE INSTRUCTIONS	6
3.1	To replace an Impeller	6
3.1.1	To remove Impeller	6
3.1.2	To replace Impeller	6
3.2	To replace an Impeller Shaft	6
3.3	To replace a Reed Switch Assembly	7
3.4	To test the free running of the Impeller Assembly	7
4	OPERATION WITH 0012B CONTROL DISPLAY UNIT	8
4.1	INTRODUCTION	8
4.1.1	PHYSICAL SPECIFICATION	8
4.1.2	CONNECTORS	8
4.1.3	MEASUREMENT METHODS	8
4.1.3.1	Average Data	8
4.1.3.2	Real Time Data	8
4.1.3.3	Standard Deviation	9
4.1.3.4	Averaging Modes	9
4.1.3.4.1	Fixed average	9
4.1.3.4.2	Free running:	9
4.1.3.4.3	Moving average:	9
4.1.3.4.4	Stop Average	9
4.1.3.5	Data output	9
4.2	OPERATION	10
4.2.1	SWITCH ON	10
4.2.2	RUNNING THE MODEL 0012B	11
4.2.3	SETTING UP RUNNING MODE	13
4.2.4	CHANGING SAMPLING PERIOD	14
4.2.5	OPTIONS MENU	15
4.2.6	LOGGING MENU	16
4.2.6.1	CHANGE DATE/TIME	17
4.2.6.2	VIEWING STORED DATA	18
4.2.6.3	EXTRACTING DATA	19
4.2.7	USER CALIBRATION COEFFICIENTS	20
4.2.7.1	READING CALIBRATION COEFFICIENTS	21
4.2.7.2	SETTING CALIBRATION COEFFICIENTS	22
4.2.7.2.1	General control codes #000 - #014	22
4.2.7.2.2	Table 1: Calibration function numbers and meaning	23
4.2.7.2.3	How to program calibration coefficients	23
4.2.7.2.3.1	Straight Line Fits.	23
4.2.7.2.3.2	Polynomial Fits.	24
5	BFM001 & BFM002 CURRENT FLOW METER SPARES	25
5.1	Gauging Accessories	26
	FIGURES	27
FIGURE 1	SECTIONAL DIAGRAM OF BFM001	28
FIGURE 2	BFM001 IMPELLER SHAFT SETTING	29
FIGURE 3	Sectional Diagram of BFM002	30
FIGURE 4	BFM002 impeller shaft setting	31
FIGURE 5	Reed Switch assembly	32
	APPENDICES	33
APPENDIX 1	GROUP CALIBRATION OF THE 8011 SERIES IMPELLER	34

AS FITTED ON THE VALEPORT "BRAYSTOKE" BFM001 CURRENT FLOW METER	34
A1.1 Definition	34
A1.2 Application	34
A1.3 Recognition	34
A1.4 Rating Equations and Table	34
A1.5 Reliability	35
A1.6 Individual Calibration	35
A1.7 Further Details	35
APPENDIX 2	36
GROUP CALIBRATION OF THE 1178 SERIES IMPELLER	36
AS FITTED ON THE VALEPORT "BRAYSTOKE" BFM002 CURRENT FLOW METER	36
A2.1 Summary	36
A2.2 Method and result of group calibration.....	37
A2.2.1 Extract from full report.....	37
A2.2.2 Acknowledgements	37
APPENDIX 3 EQUIPMENT SUPPLIED FOR BFM 001 CURRENT FLOW METER	38
APPENDIX 3 EQUIPMENT SUPPLIED FOR BFM 002 CURRENT FLOW METER	38
APPENDIX 4 GUARANTEE CERTIFICATE	40

1 DESIGN & CONFIGURATION

The Valeport "Braystoke" BFM001 and BFM002 Current Flow Meters have been designed to withstand long periods of operation underwater and to need little maintenance with as few moving parts as possible. They are designed to accurately measure water velocity in open channels with flows varying from 0.03 m/s to 10 m/s (BFM001), or 0.05m/s to 5m/s (BFM002). The calibration of the meters is based upon Group Calibrations carried out by HR Wallingford to standards established by the British Standards Institution.

The Flow Meters are available with both Wading and Suspension Sets to allow the equipment to be employed in a wide variety of applications.

1.1 BASIC DESIGN

Refer to Figures 1 (BFM001) and 3 (BFM002).

The basic principle of the Meter is to open and close a reed switch by rotating magnets around it, to open and close a circuit producing a pulse. The pulse count is displayed on one of the liquid crystal displays in the Control Unit. A bias magnet fitted into the meter hub produces a strong magnetic field and allows only one pulse per impeller revolution. The only moving part of the Meter is the neutrally buoyant impeller, which houses the magnets. The bearings fitted to this impeller are made from PTFE plastic and are water lubricated. Since the impeller has very little weight in water, the load on the bearings is negligible. The impeller and hub incorporate an anti-weed system that prevents weed entangling around the impeller shaft. Once the chamber around the impeller shaft and bore have filled with water, very little or no silt will enter the bearings.

1.2 OPERATIONAL USE

The Meter may be used in two different ways according to operational requirements, and equipment supplied:

A. Wading - where the water depth permits, the operator may use the Meter clamped to the wading rods, wading across the river or stream and making velocity measurements at the required intervals and depths. The centimetre markings on the wading rods permit the Meter to be accurately positioned at the required height in the water column, and also to establish the total water depth to enable profile depths to be calculated.

B. Suspension - in deeper water the Meter may be suspended from a cable over a bridge or parapet to make the required velocity measurements.

Valeport supply a range of Columbus Sinker Weights, a Suspension Derrick and a Gauging Winch to make these operations easier to undertake (see Section 4).

2 ASSEMBLY INSTRUCTIONS

2.1 WADING SET

To assemble:

- i. Remove wading rods from case and screw together.
- ii. Screw rods into base.
- iii. Remove suspension pin from Meter, and slide Meter on to rods, setting at required position.
- iv. Screw on direction knob, adjusting Meter so that the impeller points in the direction indicated by the arrow/dot on the direction knob. This makes operation of the unit easier when the Meter cannot be seen in murky water.
- v. Clip the wading signal cable into the Meter (see Figure 1) and plug the jack connector into the Control Unit.
- vi. Ensure that the battery is connected inside the Control Unit and the Meter is now ready for use.

Refer to Section 4 for operation of the Meter and the Control Unit.

2.2 SUSPENSION SET

To assemble:

- i. Remove wading rod locking screw from the Meter body and screw in tailfin.
- ii. Remove suspension pin, slide suspension bar through the Meter and set the bar at the required height using the suspension pin.
- iii. Clip the suspension cable to the top end of the suspension bar using the stainless steel shackle provided, and clip the reed switch assembly into the Meter.
- iv. If a Columbus Sinker Weight is being used, attach this to the bottom of the suspension bar.
- v. Plug the jack connector into the Control Unit, ensure the battery is connected inside the Control Unit and the Meter is ready for use.

Note: The Balance Weight on the tailfin is pre-set for use in fresh water. The Meter should be suspended in the water to be gauged and a check made that the Meter lies horizontally. The balance of the unit may be adjusted by moving the balance weight on the tailfin, using the Allen key provided.

Refer to Section 4 for operation of the Meter and the Control Unit.

Note: Non-Valeport Control Units

It is advised that if the revolution counter being used is not of Valeport origin, no more than 5 milliamps are passed through the reed switch, to avoid damage. Valeport cannot accept responsibility for damage incurred when using non-Valeport Control Units.

3 MAINTENANCE INSTRUCTIONS

The BFM001 and 002 Flow Meters have been designed to require minimum maintenance under normal operating conditions. The Control Unit and wading/suspension cables should require no maintenance other than routine inspection and cleaning. It is recommended that the Flow Meter itself is thoroughly washed and cleaned in fresh water after each deployment. If the unit has been used in silt-laden water, the impeller should be removed and the impeller bearings and shaft also washed in clean water. This will significantly extend the life of the impeller and shaft. (On no account should a sharp instrument be used in the cleaning process.) For extreme conditions, particularly where there are metallic particles in suspension, impellers with extended skirts are available. Before repacking into the carrying cases, all items should be completely dried to prevent any tarnishing of the equipment whilst in transit or storage. Instructions are detailed below for routine maintenance procedures:

3.1 TO REPLACE AN IMPELLER

Refer to Figure 1 (BFM001) and Figure 3 (BFM002).

3.1.1 TO REMOVE IMPELLER

- i. Unscrew the nose cone of the impeller anti-clockwise to remove.
- ii. With a 3mm spanner, hold the nut nearest to the washer, and with another spanner release the other nut.
- iii. Remove both nuts, washer and impeller.
- iv. Clean the hub face and the impeller shaft to remove any silt or dirt.
- v. Check the wear condition of the shaft to ensure the bearing areas are clean and smooth.

Note: If there is significant wear on the shaft, it should be replaced.

3.1.2 TO REPLACE IMPELLER

- i. Stand the meter down on its end face with the shaft pointing upwards, and replace impeller with the nose cone fitted.
- ii. Unscrew the nose cone to allow the impeller to rest against the main body hub face.
- iii. Hold the impeller down against the hub face and slowly screw down the nose cone until it begins to lift the impeller away from the hub face.
- iv. Check that the clearance between the nose cone and the impeller end face is within tolerance (0.5 to 0.75 mm, 0.02 to 0.03 in). If the distance is outside this range, then the shaft will need to be adjusted.
- v. Remove the nose cone and fit the washer and nuts supplied, setting the gap between the washer and front hub of the impeller to 1.5 mm (0.062 in).
- vi. Replace nose cone, checking gap as in item iv. Finger tight only is sufficient; undue force may cause damage.

Note: **At no time** should any lubricant be applied to the shaft or bearings. The only lubrication needed is given by the water the unit is used in.

3.2 TO REPLACE AN IMPELLER SHAFT

Refer to Figures 2 (BFM001) and 4 (BFM002).

- i. Remove the impeller as described above.
- ii. With a ring spanner, unscrew anti-clockwise the shaft lock nut and remove the shaft.
- iii. Clean main body hub face to remove any silt or dirt.
- iv. With a little Loctite applied to the shaft thread, replace the shaft and tighten the lock nut to give the initial setting of the point of the shaft to the main body hub face.
- v. Refit the impeller as described above, and check that the tolerances are correct.
- vi. If shaft length requires adjusting, remove impeller, slacken lock nut, adjust shaft accordingly and re-tighten.
- vii. Finally, check that pulses are being received by the Control Unit.

3.3 TO REPLACE A REED SWITCH ASSEMBLY

Refer to Figure 5.

- i. Hold reed switch adaptor (cable end), unscrew the housing in an anticlockwise direction. If it is tight, a pair of pliers may be used, but great care should be taken.
- ii. When fitting the replacement reed switch assembly, ensure that the 'O' ring is clean and in position.

3.4 TO TEST THE FREE RUNNING OF THE IMPELLER ASSEMBLY

- i. Stand the Meter on a flat surface with the impeller pointing vertically.
- ii. Spin the impeller by hand and observe it slowing down. The time to stop is unimportant, but is normally about 20 seconds.
- iii. The impeller should stop spinning smoothly with no jerking being observed.
- iv. When it stops, a slight tap on the flat surface will allow the impeller to rotate slightly until the magnets come into line.

Note: The above condition applies when the unit is dry and in perfect condition. If the impeller stops spinning suddenly or fails to spin smoothly, the impeller shaft may be bent or the clearances may require adjustment (see Figures 2/4).

4 OPERATION WITH 0012B CONTROL DISPLAY UNIT

4.1 INTRODUCTION

The Valeport Model 0012B Impeller Current Display Unit is a Real Time Speed display unit, offering user selectable measurement of pulse against time averaging (moving, fixed or free running) for all contact closure current meters, including those of other manufacturers. The 0012B contains calibration details for the Valeport meters BFM001, 002, 004, 007 and 050, and allows calibration coefficients for 4 other meters to be programmed in. User specific names for other meter calibrations can also be entered for ease of user identification.

The 0012B also calculates standard deviation of the measured average data, battery low indicator and optional backlight. A logging facility is also optional, with a solid state memory providing 100 records.

4.1.1 PHYSICAL SPECIFICATION

Size	: 244mm (L) x 163mm (H) x 94mm (W)
Weight	: 2kg
Material	: Moulded ABS Plastic
Sealed	: IP67 (10 seconds at 0.3 metres)
Strap	: Adjustable Shoulder Strap
Power	: 8 'C' cells, providing life of approximately 400 hours (100 hours with backlight)
Temperature	: Operating range, -5 to +50°C.

4.1.2 CONNECTORS

Jack Plug	: For connection to existing Valeport current meters
4-Way Mil Spec	: RS 232 connection for PC. Input for loading of calibration data and output of real time averages or stored data (if logging option is fitted).
Pressure Valve	: Passive waterproof pressure equalising valve, to compensate for changes in temperature.

4.1.3 MEASUREMENT METHODS

4.1.3.1 AVERAGE DATA

The average rates and speeds are computed as follows:

In TIME mode:

The number of whole pulses measured / average time set in seconds

In PULSE mode:

The number of pulses set / measured elapsed time for the pulses

If an average period is terminated early, then the calculation is carried out as follows:

In TIME and PULSE mode:

The number of whole pulses completed / elapsed time for the pulses [measured to 0.001 secs]

4.1.3.2 REAL TIME DATA

The REAL TIME rate and speed are calculated from the time for one pulse, resolved to 0.0001 secs.

In TIME mode, the real time is calculated and displayed every second.

In PULSE mode, the real time is calculated every pulse but the display is only updated every 0.5 seconds [approx.].

4.1.3.3 STANDARD DEVIATION

The STANDARD DEVIATION [SD] is calculated from real time samples taken during the averaging period (once per second in TIME mode or once per pulse in PULSE mode).

4.1.3.4 AVERAGING MODES

4.1.3.4.1 FIXED AVERAGE

The unit performs one average, on a time or pulse basis. At the end of the average period the unit stops and displays the average and SD, and will commence another averaging period when requested by pressing START.

4.1.3.4.2 FREE RUNNING:

This is fixed average with automatic restart of average at the end of each period. The average and SD from the previous period are displayed and held during the subsequent period, until updated.

4.1.3.4.3 MOVING AVERAGE:

The average and SD are calculated over the last period [pulses or time as set], and is updated every second or pulse as appropriate. In TIME mode the display update is every second, but in PULSE mode the fastest display update is about every 0.5 secs, although the calculation may be done more quickly. When STOP is selected, the display is frozen at the last average that has been computed.

4.1.3.4.4 STOP AVERAGE

If the measurement period is terminated prematurely (by pressing the STOP key), the average values and standard deviation will be calculated from the last measurement parameter (pulses in PULSE mode, seconds in TIME mode).

4.1.3.5 DATA OUTPUT

In fixed average a data string of average data is outputted at the end of averaging period.

In moving average the last saved average is outputted when the user presses the STOP key.

In free running mode the data is outputted at the end of each fixed average period and when the user presses the STOP key.

The data string includes meter type, rev/sec, speed, standard deviation, pulses, time.

4.2 OPERATION

4.2.1 SWITCH ON

ON

Switch unit On using ON button. This is acknowledged by a beep from the unit. This key is also used to toggle the unit Off at any point during operation. Switching the unit On causes the following display to appear:

I M P E L L E R C U R R E N T M E T E R D I S P L A Y M E T E R															
V A L E P O R T								M O D E L 0 0 1 2 B							
V E R S I O N								3 . 0 0							
< < < O P T I O N S S E T U P										C O N T I N U E > > >					

OPTIONS SET-UP

This key selects the OPTIONS SETUP menu, which allows the user to set up various hardware configurations (Logging On/Off [optional], Beeper On/Off and Backlight On/Off [optional]). This menu also allows access to the USER CALIBRATION menu, and to the LOGGING SETUP menu. For further information refer to Section 4.2.5.

CONTINUE

Places the unit in Run Mode. See Section 4.2.2

4.2.2 RUNNING THE MODEL 0012B

Pressing **CONTINUE** at the title screen, or pressing **EXIT** at any of the OPTION SET-UP screens (see Section 4.2.5) reveals one of the six possible displays shown below, depending on what mode the unit was in when last used.

DISPLAY 1: FIXED AVERAGE, USER SET TIME DISPLAY:

F I X E D			A V E R A G E			M E T E R			T T T T T T		
X X X			S S S		S E C S	X X X X		P U L S E S			S T O P > > >
	R E A L			A V E R A G E							S E T U P > > >
X X . X X			X X . X X		R / S E C			S D = X . X X X			S T A R T > > >
X . X X X			X . X X X		M / S E C					L O W B A T T	

DISPLAY 2: FIXED AVERAGE, USER SET PULSE COUNT DISPLAY:

F I X E D			A V E R A G E			M E T E R			T T T T T T		
X X X . X X			S E C S			X X X		P P P P U L S E S			S T O P > > >
	R E A L			A V E R A G E							S E T U P > > >
X X . X X			X X . X X		R / S E C			S D = X . X X X			S T A R T > > >
X . X X X			X . X X X		M / S E C						

DISPLAY 3: MOVING AVERAGE, USER SET TIME DISPLAY:

M O V I N G			A V E R A G E			M E T E R			T T T T T T		
X X X			S S S		S E C S	X X X X		P U L S E S			S T O P > > >
	R E A L			A V E R A G E							S E T U P > > >
X X . X X			X X . X X		R / S E C			S D = X . X X X			S T A R T > > >
X . X X X			X . X X X		M / S E C						

DISPLAY 4: MOVING AVERAGE, USER SET PULSE COUNT DISPLAY:

M O V I N G			A V E R A G E			M E T E R			T T T T T T		
X X X . X X			S E C S			X X X		P P P P U L S E S			S T O P > > >
	R E A L			A V E R A G E							S E T U P > > >
X X . X X			X X . X X		R / S E C			S D = X . X X X			S T A R T > > >
X . X X X			X . X X X		M / S E C						

DISPLAY 5: FREE RUNNING, TIME DISPLAY:

FREE RUNNING			METER T T T T T		
X X X	S S S	S E C S	X X X X	P U L S E S	S T O P > > >
R E A L	A V E R A G E				S E T U P > > >
X X . X X	X X . X X	R / S E C		S D = X . X X X	S T A R T > > >
X . X X X	X . X X X	M / S E C			

DISPLAY 6: FREE RUNNING, PULSE COUNT DISPLAY:

FREE RUNNING			METER T T T T T		
X X X . X X	S E C S	X X X	P P P	P U L S E S	S T O P > > >
R E A L	A V E R A G E				S E T U P > > >
X X . X X	X X . X X	R / S E C		S D = X . X X X	S T A R T > > >
X . X X X	X . X X X	M / S E C			

An explanation of the different averaging modes can be found in the Introduction, Section 4.1.3.

SETUP

Press this key to alter current sampling regime. See Section 4.2.3.

START

Unit will begin sampling in mode currently set. The real time data will be displayed at the bottom of the screen, and a count of either pulses or seconds displayed at the top. If the unit is in logging mode, the current record number will be displayed at the top right hand side of the screen. If the data interface lead is connected, the end of average values will also be sent to the PC.

STOP

Press to cease sampling. This will force an early end to an averaging period.

LOW BATT

When there is 10 hours of battery life remaining (with backlight), this message will be displayed at the bottom right hand corner of the screen (see DISPLAY 1 for an example). The message will remain until batteries are replaced.

4.2.3 SETTING UP RUNNING MODE

Selecting **SET-UP** in the Run Menu reveals the following display.

RUN MENU SETUP									
<	<	<	M / S E C		F T / S E C			M E T E R	> > >
<	<	<	F I X E D		M O V I N G	F R E E		A C C E P T	> > >
<	<	<	P U L S E S	T I M E		P P P	P U L S E S	C H A N G E	> > >

A further example screen is shown below.

RUN MENU SETUP									
<	<	<	M / S E C		F T / S E C			0 0 2	> > >
<	<	<	F I X E D		M O V I N G	F R E E		A C C E P T	> > >
<	<	<	P U L S E S	T I M E		S S S	S E C S	C H A N G E	> > >

M/SEC FT/SEC	Toggles between measuring the Speed in metres and feet per second.
FIXED MOVING FREE	Toggles the averaging mode between the three states. Refer to Section 4.1.3 in the INTRODUCTION for further details.
PULSES TIME	Toggles the averaging period counting mode between pulses and seconds.
CHANGE	Allows access to the CHANGE SAMPLING menu, which enables the user to alter the number of seconds or pulses in the averaging period. See Section 4.2.4.
METER	The type of meter currently selected is displayed here. Toggle between the available meters by pressing the key. Pre-programmed meters available are the BFM001, 002, 004 (19mm), 004 (28mm), 007 & 050. For details of how to programme the calibration details of another meter, refer to Section 4.2.5.
ACCEPT	When the sampling regime is correctly set up, press this key to return to the RUN menu (Section 4.2.2).

4.2.4 CHANGING SAMPLING PERIOD

Selecting **CHANGE** in the Sampling Set-up screen reveals one of the following displays, depending on whether pulses or seconds have been selected for the sampling regime.

< < < 1 0 0 " S	C H A N G E S A M P L I N G	
< < < 1 0 " S	P P P P U L S E S	I N C R D E C R > > >
< < < 1 " S		E X I T > > >

< < < 1 0 0 " S	C H A N G E S A M P L I N G	
< < < 1 0 " S	S S S S E C O N D S	I N C R D E C R > > >
< < < 1 " S		E X I T > > >

INCR DEC	Toggles between increasing and decreasing the number of seconds/pulses when the relevant key is pressed.
100'S	Changes the number of 100's of pulses/seconds in the averaging period.
10'S	Changes the number of 10's of pulses/seconds in the averaging period.
1's	Changes the number of 1's of pulses/seconds in the averaging period.
EXIT	Returns to the RUN MENU SETUP screen.

4.2.5 OPTIONS MENU

Pressing **OPTIONS SET-UP** at the Title Screen reveals the following display.

O P T I O N S M E N U		
< < <	L O G G I N G Y E S / N O	L O G G I N G M E N U > > >
< < <	B E E P E R O N / O F F	U S E R C A L > > >
< < <	B A C K L I G H T O N / O F F	E X I T > > >

LOGGING YES/NO

Optional. If fitted, this key switches the logging facility On and Off. Up to 100 records may be stored.

BEEPER ON/OFF

Toggles audible acknowledgement of pulses On and Off.

BACKLIGHT ON/OFF

Optional. If backlight is fitted, this key toggles it On and Off. Refer to INTRODUCTION, Section 4.1.1 for details of battery life with and without backlight.

LOGGING MENU

Allows access to LOGGING MENU (if option fitted). This enables the user to view or erase stored data, to extract it to a PC (via data interface lead), and to set the unit date and time. Proceed to Section 4.2.6

USER CAL

Allows access to USER CALIBRATION MENU. This enables the user to read or input their own calibration coefficients or impeller name. Proceed to Section 4.2.7.

EXIT

Puts the unit into Run Mode, using the hardware configurations selected (see Section 4.2.2).

4.2.6 LOGGING MENU

Selecting **LOGGING MENU** at the **OPTIONS MENU** reveals the following display.

L O G G I N G M E N U	
< < < S E T D A T E / T I M E	E X T R A C T D A T A > > >
< < < R E S E T # I D E N T	E R A S E M E M O R Y > > >
< < < V I E W D A T A	E X I T > > >

SET DATE/TIME

Allows access to the **CHANGE DATE/TIME** screen. This allows the user to alter the unit's internal clock, for the purpose of correctly time stamping the recorded data. See Section 4.2.6.1.

RESET #IDENT

Sets the memory pointer to record #1. The next record that is logged will be #1, replacing what was stored there before.

VIEW DATA

Allows user to see logged data. See Section 4.2.6.2.

EXTRACT DATA

Allows user to upload stored data to a PC. See Section 4.2.6.3.

ERASE MEMORY

Clears all stored data from the unit. A screen will appear, requesting confirmation that the user wishes to erase memory. Press **YES** to continue, or **EXIT** to return to **LOGGING MENU**. If **YES** is pressed, a message will confirm that memory has been erased. Press **EXIT** to return to **LOGGING MENU**.

EXIT

Returns user to **OPTIONS MENU**. Refer to Section 4.2.5.

4.2.6.1 CHANGE DATE/TIME

Selecting **SET DATE/TIME** at the LOGGING MENU reveals the following display.

< < < N E X T		C H A N G E D A T E / T I M E		I N C R E A S E > > >	
T I M E : H H : M M				D E C R E A S E > > >	
D A T E : D D / M M / Y Y Y Y					
				E X I T > > >	

INCREASE	Increases the currently selected number by 1.
DECREASE	Decreases the currently selected number by 1.
NEXT	Selects the next number in the time/date sequence.
EXIT	Returns user to LOGGING MENU. Refer to Section 4.2.6.

4.2.6.2 VIEWING STORED DATA

Selecting **VIEW DATA** at the LOGGING MENU reveals a display similar to that shown below. If no data has been stored, the message NO DATA STORED will be displayed.

```
# I D E N T    1 2
I M P E L L E R   T Y P E    0 0 2                U P > > >
U N I T S   M E T R E S
R U N   M O D E   F I X E D   A V E R A G E   T I M E      D O W N > > >
3 1 /  1 2 /  1 9 9 9   2 3 :  5 9 :  5 9
< < < V I E W                                E X I T > > >
```

The display shows the record number, impeller type, units in which velocity is measured (metres or feet per second), run mode, and time at which the record was stored.

UP	Toggles the record to be viewed up by one.
DOWN	Toggles the record to be viewed down by one
EXIT	Returns to the LOGGING MENU. Refer to Section 4.2.6.
VIEW	Allows user to view the record currently selected. A display of the format shown below will be seen. Press EXIT on this screen to return to the VIEW DATA screen, allowing another record to be seen.

```
# I D E N T    X X
r e v / s e c   X X . X X
s p e e d       X . X X X
s t d   d e v   X . X X X
p u l s e s     X X X X
t i m e         X X X . X
                                E X I T > > >
```

4.2.6.3 EXTRACTING DATA

Selecting **EXTRACT DATA** at the LOGGING MENU reveals the following display.

```

                                E X T R A C T   D A T A
                                U P L O A D > > >

                                P L E A S E   C O N N E C T   P C

                                E X I T > > >

```

Connect the unit to a PC via the data interface lead supplied. Run a terminal emulation program on the PC, ensuring that communications are correctly set to 4800 baud, 8 data bits, 1 stop bit, no parity bits. If the data should be saved, make sure that the data is directed to a file name. It is uploaded as a text file, so can be read into a word processor or spreadsheet application.

UPLOAD

Begins to upload data to PC. Screens similar to those shown below will appear.

EXIT

Returns to LOGGING MENU. Refer to Section 4.2.6.

```

                                U P L O A D I N G   D A T A

                                # I D E N T       X X

```

When data uploading is finished, the following screen appears, showing the #IDENT of the last record to be uploaded.

```

                                F I N I S H E D   U P L O A D I N G   D A T A

                                # I D E N T       X X

                                E X I T > > >

```

EXIT

Returns to LOGGING MENU. Refer to Section 4.2.6.

4.2.7.1 READING CALIBRATION COEFFICIENTS

Selecting **READ USER CAL** reveals the calibration data of the meter currently selected in the sample mode. The format of the screen depends on the type of calibration used. Below are examples of LINE FIT and POLYNOMIAL FIT displays.

L I N E F I T	I M P E L L E R T Y P E
S L O P E 1	O F F S E T 1
E N D 1	S L O P E 2
O F F S E T 2	E N D 2
S L O P E 3	O F F S E T 3
E N D 3	S L O P E 4
O F F S E T 4	E N D 4
	E X I T > > >

P O L Y N O M I A L F I T	I M P E L L E R T Y P E
C O E F F 7	C O E F F 6
C O E F F 5	C O E F F 4
C O E F F 3	C O E F F 2
C O E F F 1	C O E F F 0
	E X I T > > >

EXIT

Puts the unit into Run Mode. Refer to Section 4.2.2.

4.2.7.2 SETTING CALIBRATION COEFFICIENTS

Selecting SET USER CAL reveals the following display.

P L E A S E C O N N E C T E X T E R N A L P C

Connect a PC to the Model 0012B using the data interface lead.

Using a terminal emulation program, program in the required calibration coefficients using the control codes and format detailed below:

NOTE The Model 0012B will not be able to display speed data if the pulse output from the impeller exceeds 50Hz. The operating ranges of all Valeport impellers fall well within this, but if inputting calibration data for a different meter, check that the expected pulse frequency is below 50Hz. If a larger frequency is anticipated, contact Valeport Limited.

4.2.7.2.1 GENERAL CONTROL CODES #000 - #014

Code	Followed By space and	Operation	Access
#000		Exit calibration set-up mode	All
#001	New calibration string<cr>	OTHER 1 IMPELLER Changes calibration to New_calibration string sent must be to the required format using spaces as separators	All
#002	New calibration string<cr>	OTHER 2 IMPELLER Changes calibration to New_calibration string sent must be to the required format using spaces as separators	All
#003	New calibration string<cr>	OTHER 3 IMPELLER Changes calibration to New_calibration string sent must be to the required format using spaces as separators	All
#004	New calibration string<cr>	OTHER 4 IMPELLER Changes calibration to New_calibration string sent must be to the required format using spaces as separators	All
#011	New name string<cr>	OTHER 1 IMPELLER Changes the name of other 1 impeller from other 1 to new name string - for ease of user identification.	All
#012	New name string<cr>	OTHER 2 IMPELLER Changes the name of other 2 impeller from other 2 to new name string - for ease of user identification.	All
#013	New name string<cr>	OTHER 3 IMPELLER Changes the name of other 3 impeller from other 3 to new name string - for ease of user identification.	All
#014	New name string<cr>	OTHER 4 IMPELLER Changes the name of other 4 impeller from other 4 to new name string - for ease of user identification.	All

4.2.7.2.2 TABLE 1: CALIBRATION FUNCTION NUMBERS AND MEANING

Calibration Function No.	OPERATION	DEFINED
0	Not defined	NO
1	straight line fit	YES
2	polynomial fit	YES

4.2.7.2.3 HOW TO PROGRAM CALIBRATION COEFFICIENTS.

First, decide if your calibration is a polynomial equation or a series of straight line fits. For line fits, proceed to Section 4.2.7.2.3.1. For polynomial fits, proceed to Section 4.2.7.2.3.2.

4.2.7.2.3.1 Straight Line Fits.

In a terminal emulation program (for example TERMINAL in Windows), set the communications to 4800 baud, 8 data bits, 1 stop bit, 0 parity bits. Also, check that the correct comms port on the PC is being used. If necessary, check that the Local Echo is On, or you will not be able to see what you are typing appear on the screen.

With the 0012B CDU connected to the PC via the interface lead provided, select USER CAL from the OPTIONS MENU and then SET USER CAL. Check the PC connection.

In the terminal emulation program, the message 'Enter Calibration Data' appears.

The calibration data should then be entered as follows:-

```
#CODE Ident_number Coefficient1 Offset1 Max_It1 Coefficient2 Offset2 Max_It2 Coefficient3 Offset3
Max_It3 Coefficient4 Offset4 Max_It4<cr>
```

where

#CODE = the set calibration function code (from Section 2.7.2.1)
 Ident_number = Calibration Function No. For a line fit, this will be 1. (See Table 1 above).
 Coefficient = slope of the line.
 Offset = the line constant.
 Max_It = the end point beyond which the present straight line parameters no longer operate.

All straight line fits are considered to be four line fits, and therefore sufficient coefficients must always be entered to ensure correct calculation of the calibration factor. For line fits less than four line fits the unused parameters should be filled in with zeros.

For example, the calibration for the BFM001 is a two straight line fit, with equations:

$$V = 0.013 + 0.2512n \text{ (up to 0.32 revs/sec)}$$

$$V = 0.008 + 0.2667n \text{ (from 0.32 up to 11.28 revs/sec)}$$

where V is velocity in m/s and n is revolutions per second.

To enter this calibration in OTHER3, the following would be typed. Note the space after each number:

```
#003 1 0.2512 0.013 0.32 0.2667 0.008 11.28 0 0 0 0 0
```

To change the name of the meter, type the correct #CODE followed by the new name (upper and lower cases are recognised). For example, to change the name from OTHER3 to BFM001, enter:

```
#013 BFM001
```

When all required data has been input, enter #000, and the 0012B will automatically return to the Options Menu.

4.2.7.2.3.2 Polynomial Fits.

In a terminal emulation program (for example TERMINAL in Windows), set the communications to 4800 baud, 8 data bits, 1 stop bit, 0 parity bits. Also, check that the correct comms port on the PC is being used. If necessary, check that the Local Echo is On, or you will not be able to see what you are typing appear on the screen.

With the 0012B CDU connected to the PC via the interface lead provided, select USER CAL from the OPTIONS MENU and then SET USER CAL. Check the PC connection.

In the terminal emulation program, the message 'Enter Calibration Data' appears.

The calibration data should then be entered as follows:-

```
#CODE Ident_number C7 C6 C5 C4 C3 C2 C1 C0<cr>
```

where

#CODE	=	the set calibration function code
Ident_number	=	Calibration Function No. For polynomial fits, this will be 2. (See Table 1 above).
C<number>	=	X Coefficient factor.

$$(X^7 * C7) + (X^6 * C6) + (X^5 * C5) + (X^4 * C4) + (X^3 * C3) + (X^2 * C2) + (X^1 * C1) + C0$$

All polynomial fits are considered to be seventh order fits (i.e. of the format above), and therefore sufficient coefficients must always be entered to ensure correct calculation of the calibration factor. For polynomial fits less than seventh order, the unused parameters should be filled in with zeros.

For example, your calibration equation may be:

$$V = 0.001n^5 + 0.003n^4 + 0.6n^3 + 7.03n^2 + 0.6n + 4.1$$

where V is velocity in m/s and n is revolutions per second.

To enter this calibration in OTHER3, the following would be typed. Note the space after each number:

```
#003 2 0 0 0.001 0.003 0.6 7.03 0.6 4.1
```

To change the name of the meter, type the correct #CODE followed by the new name (upper and lower cases are recognised). For example, to change the name from OTHER3 to BFM001, enter:

```
#013 BFM001
```

When all required data has been input, enter #000, and the 0012B will automatically return to the Options Menu.

5 BFM001 & BFM002 CURRENT FLOW METER SPARES

Valeport maintains full spares, service and repair facilities for all its instruments. In the event of spares or additional items being required, the main sub-assemblies and spare parts are detailed below.

BFM0011	Current meter fitted with 127 mm dia. x 0.27m pitch impeller
BFM0021	Current meter fitted with 50 mm dia. x 0.1m pitch impeller
BFM0012B	Real time velocity and revolution counting control unit
BFM0013	Set of 3 stainless steel wading rods, each 0.5m long, graduated in cms with base plate and direction knob
BFM0014	2m long wading cable fitted with reed switch for BFM001 and jack plug
BFM0024	2m long wading cable fitted with reed switch for BFM002 and jack plug
BFM0016	Current meter tailfin 0.75m long with balance weight
BFM0017	35m conductor/suspension cable (breaking strain 100 Kg) fitted with reed switch for BFM001 and jack plug assemblies
BFM0027	35m conductor/suspension cable (breaking strain 100 Kg) fitted with reed switch for BFM002 and jack plug assemblies
BFM0018	Suspension bar
BFM0010/1	BFM001 impeller
BFM0020/1	BFM002 impeller
BFM0010/2	Impeller shaft for BFM001 c/w nuts and washer
BFM0020/2	Impeller shaft for BFM002 c/w nuts and washer
BFM0010/4	Reed switch assembly for BFM001
BFM0020/4	Reed switch assembly for BFM002
BFM0010/5	Additional wading rod
BFM0015	Carrying case for wading set
BFM0019S2	Carrying case for suspension set
BFM0019S1	Carrying case for wading and suspension set
BFM001/M	Operating and instruction manual incl. calibration chart

For spare parts not listed above, please consult the factory. Valeport recommend that all equipment is returned to the factory for all service or repairs. Please refer to the Guarantee Certificate for our terms regarding the return of equipment.

5.1 GAUGING ACCESSORIES

In addition to the standard "Braystoke" BFM001 and BFM002 Current Flow Meter equipment, Valeport manufacture a range of accessories to assist with Gauging operations. These accessories include:

SK7 to SK90	Columbus Sinker Weights, 7 to 90 kgs
SK100	Suspension Derrick
SK178S	Gauging Winch Fitted with 35m cable and connections for the BFM001/2
SK178L	Large Gauging Winch with 100m cable and connections

For full details on these products and Valeport's complete range of hydrological and oceanographic equipment, please consult the factory.

FIGURES

FIGURE 1 SECTIONAL DIAGRAM OF BFM001

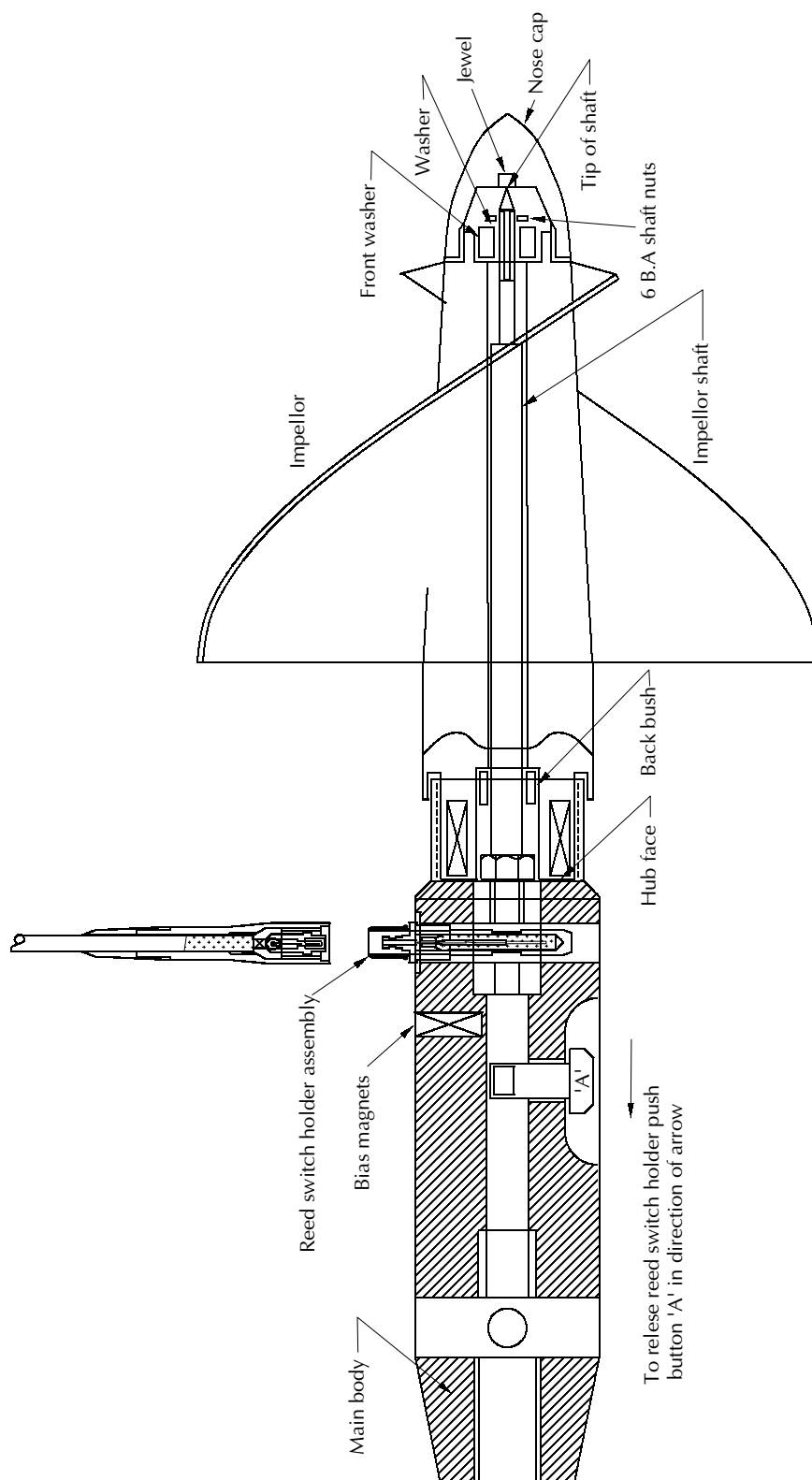


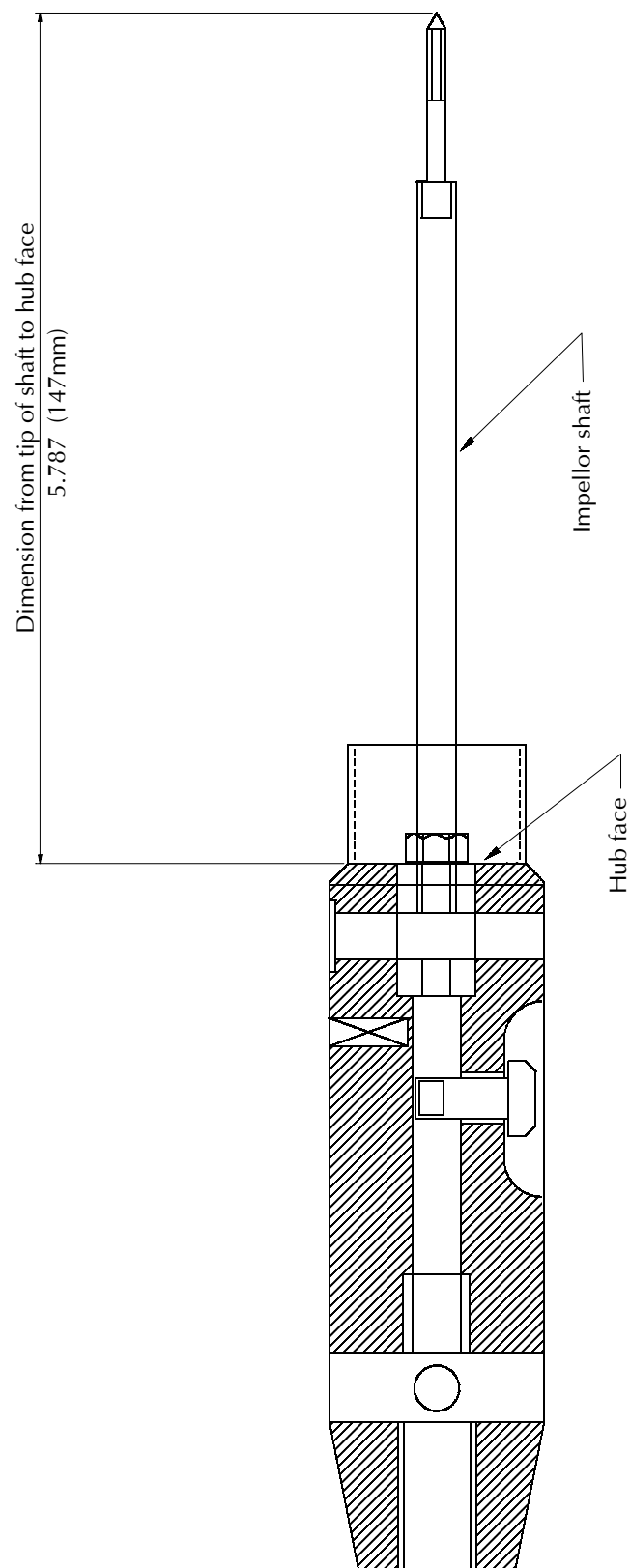
FIGURE 2 BFM001 IMPELLER SHAFT SETTING

FIGURE 3 SECTIONAL DIAGRAM OF BFM002

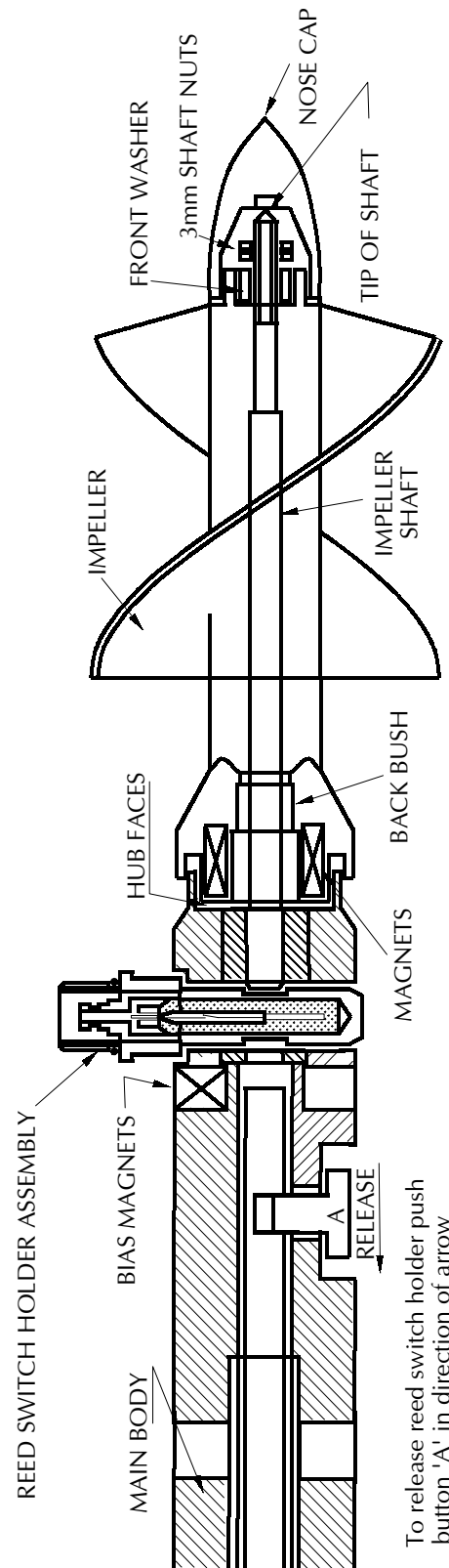


FIGURE 4 BFM002 IMPELLER SHAFT SETTING

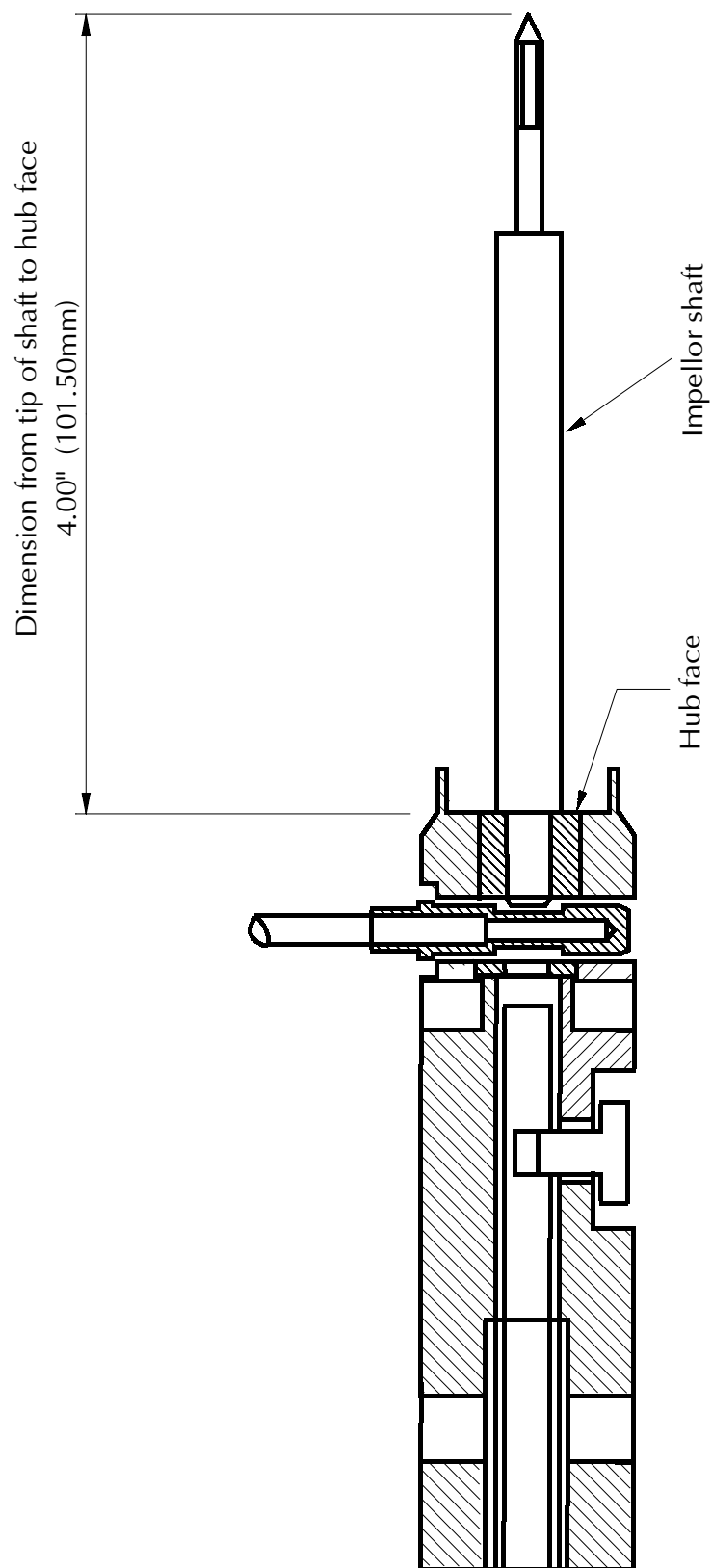
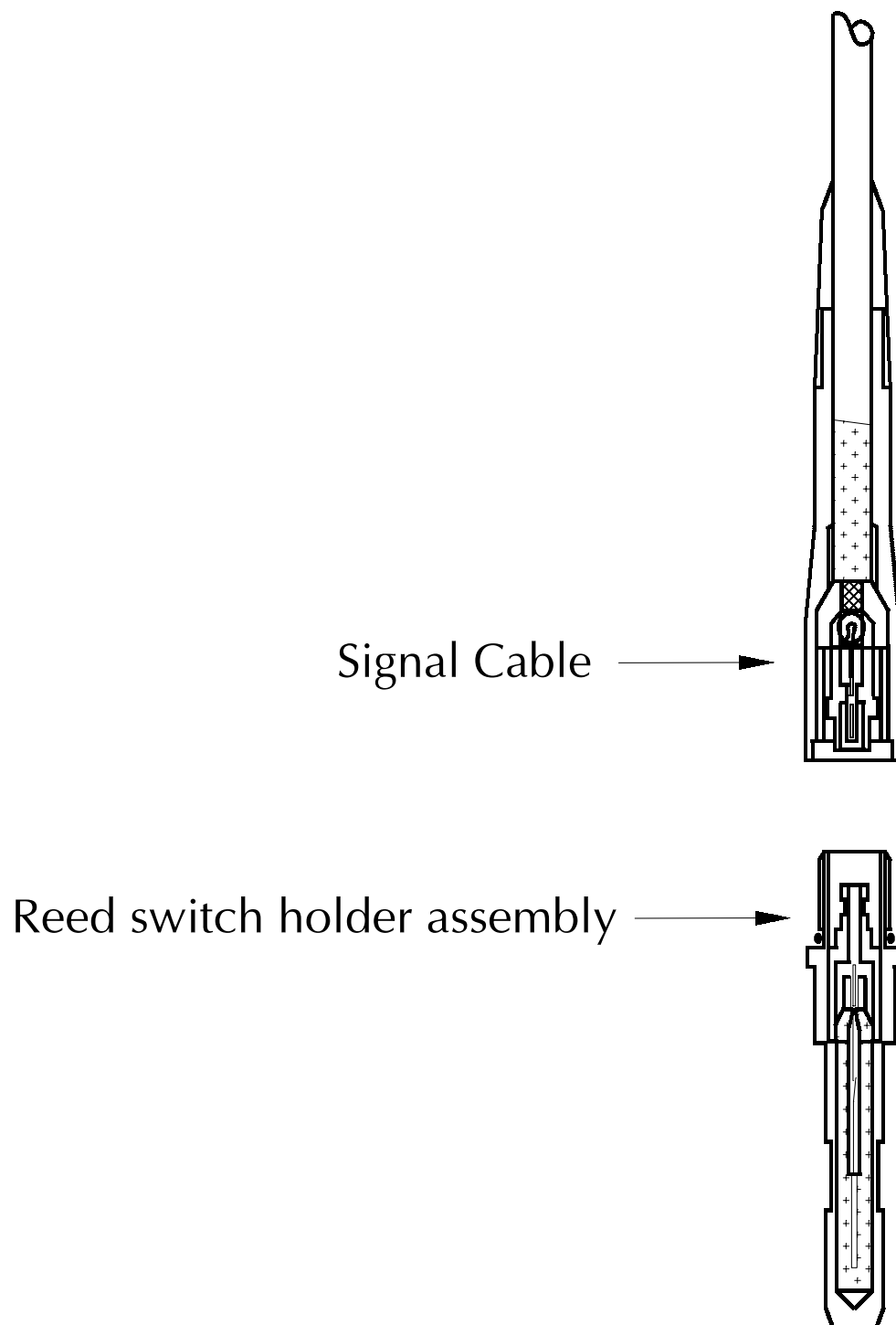


FIGURE 5 REED SWITCH ASSEMBLY



APPENDICES

APPENDIX 1 GROUP CALIBRATION OF THE 8011 SERIES IMPELLER

AS FITTED ON THE VALEPORT "BRAYSTOKE" BFM001 CURRENT FLOW METER

A1.1 DEFINITION

The calibration given here is not that of any individual meter, but one synthesised from tests carried out at the Hydraulics Research Station, Wallingford, UK in March 1981 on a sample batch of 19 instruments with rod suspension. The calibration is based upon standards set by the British Standards Institution, BS3680, Part 8A, 1973.

A1.2 APPLICATION

It applies to the BFM001 Meter fitted with the 125 mm (5 inch) diameter impeller, but only those fitted with the 8011 series impeller, introduced from June 1981. A systematic error would result if the calibration were applied, incorrectly, to any other type of Valeport meter.

A1.3 RECOGNITION

The prefix number 8011 is marked on the trailing edge of the impeller blades, together with the individual serial number of the impeller. The 8011 series may also be recognised by:

- (i) the blades taper in thickness from root to tip (some earlier meters had blades of uniform thickness).
- (ii) a 'land' or 'step' about 3mm wide on the impeller hub, forward to the leading edge of the blades (on the preceding 475 series, the root of the impeller blade leading edge is flush with the forward end of the hub).

A1.4 RATING EQUATIONS AND TABLE

Speed of Rotation, n (rev/s)		Speed of Flow, V (m/s)	
Min	Max		
0.07	0.32	$0.013 + 0.2512 n$	Equation 1
0.32	11.28	$0.008 + 0.2667 n$	Equation 2

Equation 1 extends from 0.031 to 0.093 m/s.

Equation 2 extends from 0.093 to 3.016 m/s.

These equations are evaluated in the attached ready-reference Calibration Chart, which covers the full range of the general calibration.

Limited tests have shown that the calibration may be extended to about 18 rev/sec (5 m/s) without significant loss of precision. The Calibration Chart is extended to include flow speeds up to 5 m/s.

The BFM001 may also be used successfully at flow speeds in excess of 5 m/s. The flow speed should be calculated from the Rating Equation. There may however be a significant variation from the computed flow speed and it is recommended that, if the Meter is to be used regularly at flow speeds in excess of 5 m/s, an individual calibration of the Meter is undertaken.

A1.5 RELIABILITY

Over most of the flow speed range, above about 0.15 m/s, any particular BFM001 meter with 8011 type Impeller is expected (at 95 per cent confidence level) to perform within ± 1.5 per cent of the indication of the group calibration. At very low flow speeds, although the uncertainty remains small in absolute terms, it increases rapidly if considered as a percentage of the flow speed being measured. The following table illustrates this.

Flow Speed (m/s)	3.00	2.00	1.00	0.50	0.25	0.15	0.10	0.07	0.03
Uncertainty (m/s)	0.045	0.023	0.011	0.005	0.004	0.002	0.002	0.003	0.004
%	1.5	1.2	1.1	1.1	1.5	1.4	2.3	4.4	14.0

It is particularly important therefore, not to extrapolate the first equation of the group calibration below the stated lower limit.

A1.6 INDIVIDUAL CALIBRATION

If the uncertainty levels shown above are higher than desirable for a particular application of the meter, then it should be calibrated individually. However, there will still be the unavoidable tolerance which exists with any calibration process. If the meter is to be used mainly with cable suspension, individual calibration may also be justified.

A1.7 FURTHER DETAILS

The method of deriving the group calibration, together with detailed results, is given in Report No. DE53 Calibration B1/2 'Group Calibration for the Braystoke Type BFM001 Current Meter with 8011 Series Impeller June 1981' of the Hydraulics Research Station, Wallingford, Oxon OX10 8BA, UK.

APPENDIX 2

GROUP CALIBRATION OF THE 1178 SERIES IMPELLER

AS FITTED ON THE VALEPORT "BRAYSTOKE" BFM002 CURRENT FLOW METER

A2.1 SUMMARY

It is customary to calibrate current meters individually, which is expensive and time consuming. For a family of physically identical meters a less costly and generally satisfactory alternative is a group calibration. This is synthesised from the performance of a sample batch or group of meters and indicates the average performance of the entire family.

The following Group Calibration B2/2 has been derived for the Braystoke type BFM002 current meter with 50 mm impeller, which became available from early 1978. Subsequently, the impellers carried the reference number 1178. The calibration is based on tests of 20 meters, all on 20 mm diameter rod suspension, in the meter rating tank at the Hydraulics Research Station over the period June 1976 to February 1982.

Speed of Rotation, n (rev/s)		Speed of Flow, V (m/s)	
Min	Max		
0.26	0.97	$0.034 + 0.0991 n$	Equation 1
0.97	4.71	$0.023 + 0.1105 n$	Equation 2
4.71	27.86	$0.039 + 0.1071 n$	Equation 3

The limiting values of rotation speed correspond to flow speeds of 0.060, 0.130, 0.543 and 3.023 m/s respectively. The equations are evaluated as a ready reference rating table, see following pages.

The tolerance, or uncertainty, of computed flow speed using the above group calibration compared with the measured flow speed at the same rotation speed is approximately constant in percentage terms above 0.5 m/s. The value then does not exceed 2.2% at the 95% confidence level. However, at lower speeds the percentage uncertainty is much greater. In this range it is more realistic to consider the uncertainty in terms of absolute speed; the value is near constant around 0.01 m/s at speeds between 0.06 and 0.50 m/s.

The current meter should not be used at speeds below about 0.15 m/s if avoidable, due to the wide uncertainty at low speed.

A Preliminary Group Calibration for the Braystoke BFM002 Current Meter was printed by the former Water Data Unit of the Department of the Environment as an un-numbered research paper in October 1980. It was derived from tests of 11 meters. The present report includes 10 of these results supplemented by others from a further 10 meters; the rating equations given above replace the preliminary group calibration which should not be used.

A2.2 METHOD AND RESULT OF GROUP CALIBRATION

A2.2.1 EXTRACT FROM FULL REPORT.

- 2.11 The minimum and maximum values of rotation speed, within which the equation should be restricted, had now to be determined. The minimum value represents the minimum response speed of the group of current meters, which is by definition the limit of predictable low-speed performance. Extrapolation beyond this point would be unreliable, so it was necessary to choose a conservatively high value of minimum response speed to allow for the individual meter which may have a particularly high minimum response speed. For the group of 20 meters tested, the mean value of minimum response speed was 0.046 m/s, with standard deviation of 0.0046 m/s. The highest value measured was 0.054 m/s. Since the value of (Mean +3 x Standard Deviation), which may be expected to include 99.8% of all meters, was 0.060 m/s and exceeds the highest measured value, a minimum response speed of 0.060 m/s was accepted. From the relevant equation this flow speed corresponds to a rotation speed of 0.26 m/s.
- 2.13 All the meters except three were run to a maximum speed of about 3m/s, the exact value varying from test to test. However, the choice of an upper limit for the group calibration is less critical than the lower limit, as a well-designed meter has an extended near-linear performance at higher speeds. Earlier work with a Braystoke meter showed that if a flow speed at 4.9 m/s was computed from a rating equation whose upper limit was 2.8 m/s, the result was only 1.1% in error. Hence, the upper limit of flow speed adopted was chosen, by inspection, to include 95% of the measured values below it. This limiting value was 3.023 m/s, corresponding to a rotation speed of 27.86 m/s.

Note: In view of the above comments the HRS calibration tables have been extended to include all values of rotation speeds, from 0.12 to 46.32 corresponding to a range of flow speeds from 0.046 to 5.000 m/s.

A2.2.2 ACKNOWLEDGEMENTS

The above summary, report extract and following calibration tables are reproduced from HRS Report No. DE57 (Calibration B2/2), June 1982 with the kind permission of Hydraulics Research Station, Wallingford, England. For a full detailed description of the group calibration, please refer to this report.

APPENDIX 3 EQUIPMENT SUPPLIED FOR BFM 001 CURRENT FLOW METER

Serial No.	Model No.
Customer:.....	Con Number:.....
.....	Customer Ref:
.....	Del. Note:.....
.....	Calibration Cert.:.....

ITEM	Items Required		Quantity	Serial Number	Part Number
	YES	NO			
BFM 001 Wading set current meter					0001001
Set of wading rods					0001013
Wading rod base					
Top direction knob					
Wading cable () metres					
Transit case (wading)					0001015
BFM 0012B Real time and revolution counting control unit					0001012
Optional data interface lead for PC connection to 0012B control Unit					0001039
Memory (logging) option for control unit					0001041
Batteries (8 * LR14)					Fitted to Control Unit
BFM001 S2 Suspension set					0001002
Current meter tailfin with balance weight					0001016
35 metre conductor/suspension cable					0001017
Suspension bar					0001018
Transit case (Suspension set)					0001020
<i>Software</i>					
Term.exe (1)					

<i>Documentation</i>					
Manual					
<i>Tools and Spares</i>					
Shaft spanners (2)					0001006
Tailfin weight allen key					
Spare impellor					0001005
Spare Reed switch					0001004
1 metre Cableway Cable					
Spare lead assy () metres					
Sinker weight (in case)					

SIGNED

DATE

APPENDIX 3 EQUIPMENT SUPPLIED FOR BFM 002 CURRENT FLOW METER

Serial No.	Model No. BFM 002.....
Customer:.....	Con Number:.....
.....	Customer Ref:
.....	Del. Note:.....
.....	Calibration Cert.:.....

ITEM	Items Required		Quantity	Serial Number	Part Number
	YES	NO			
BFM 002 Wading set current meter					0002001
Set of wading rods					0002013
Wading rod base					
Top direction knob					
Wading cable () metres					
Transit case (wading)					0001015
BFM 0012B Real time and revolution counting control unit					0001012
Optional data interface lead for PC connection to 0012B control Unit					0001039
Memory (logging) option for control unit					0001041
Batteries (8 * LR14)					Fitted to Control Unit
BFM002 S2 Suspension set					0002002
Current meter tailfin with balance weight					0002016
35 metre conductor/suspension cable					0002017
Suspension bar					0001018
Transit case (Suspension set)					0001020

<i>Software</i>					
Term.exe (1)					
<i>Documentation</i>					
Manual					
<i>Tools and Spares</i>					
Shaft spanners (3)					000200
Tailfin weight allen key					
Spare impellor					0002005
Spare Reed switch					0002004
1 metre Cableway Cable					
Spare lead assy () metres					
Sinker weight (in case)					
Spare impellor shaft					0002006

SIGNED

DATE

APPENDIX 4 GUARANTEE CERTIFICATE

GUARANTEE CERTIFICATE

All goods are subject to a 12 month guarantee against faulty materials and bad workmanship. Any faults to be declared within 12 months from date of despatch, in writing to Valeport Limited who will replace or repair (at their option) any faulty items caused by bad workmanship or materials, (except displays and semiconductors which are only guaranteed for a 3 month period).

Valeport Limited shall be under no liability for:

1. Any consequential loss or damage of any kind whatsoever.
2. For any defect or deficiency judged by Valeport Limited to be caused by wear and tear or of improper or unskilled handling of the goods or by any repair or attempted repair or dismantling by any one other than Valeport Limited or persons authorised to do so by Valeport Limited
3. Batteries and other consumables supplied with the equipment which are not covered by this guarantee.

Due to the specialised nature of the instrument it should, if possible, be returned to the factory for repair or servicing.

The type and serial numbers of the instrument should always be quoted, together with full details of any fault or the service required.

Equipment returned to Valeport Limited for servicing must be adequately packed, preferably in the special box supplied, and shipped with transportation charges prepaid. Return transport charges are also to the account of the customer.

Note: Any items supplied as part of a system which are not manufactured by Valeport Limited are covered by the individual manufacturer's guarantee of the equipment supplied.

MODEL NUMBER

SERIAL NUMBER.....

DATE OF DESPATCH.....

SIGNATURE